This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

WIDENER LIBRARY
HX GNY3 /

663.2

Harvard University

LIBRARY OF THE

CHEMICAL DEPARTMENT

SCIENCE CENTER LIBRARY

[redacted]

Chem Lab
complete

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

PUBLIÉ PAR LES SOINS

DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES,

AVEC L'APPROBATION

DU MINISTRE DE LA GUERRE.

TOME III.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1890

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

16412. PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

PUBLIÉ PAR LES SOINS

DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES,

AVEC L'AUTORISATION

DU MINISTRE DE LA GUERRE.

TOME TROISIÈME.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

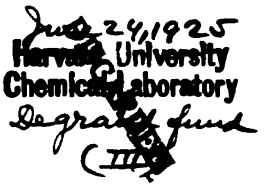
Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1890

(Tous droits réservés.)

662.2
Sci 1280.96



Bound
6 March 1926

AVANT-PROPOS.

Les conditions nouvelles de la publication du *Mémorial des poudres et salpêtres* ont été fixées par la lettre collective que M. le président du conseil, ministre de la guerre, a adressée, le 24 mai 1890, à M. l'inspecteur général et à MM. les directeurs des établissements du service des poudres, et que nous reproduisons ci-dessous.

« Paris, le 24 mai 1890.

» Messieurs, la circulaire n° 2 du 14 janvier 1881 attri-
» buait au *Mémorial des poudres et salpêtres* un caractère
» confidentiel.

» Cette réserve ne paraît plus avoir de raison d'être, puis-
» qu'il est acquis qu'aucun document confidentiel n'a été
» jusqu'à ce jour inséré au *Mémorial.*

» J'ai décidé, en conséquence, que ce recueil serait pu-
» blié, à l'avenir, dans les mêmes conditions que les revues
» similaires des autres services du département de la guerre,
» c'est-à-dire aux frais et risques de l'éditeur.

» Le *Mémorial des poudres et salpêtres* paraîtra désor-
» mais en quatre fascicules trimestriels, formant un volume
» annuel de vingt-quatre feuilles. La rédaction en sera con-
» fiée à un comité de direction composé ainsi qu'il suit :

» MM. MAUROUARD, inspecteur général des poudres et salpêtres, *président;*
» SARRAU, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, directeur du Laboratoire central des poudres et salpêtres;
» DÉSORTIAUX, ingénieur des poudres et salpêtres, *secrétaire.*

» Le prix de l'abonnement ne dépassera pas 12^{fr} pour la » France, avec augmentation pour l'étranger suivant les » conventions postales.

» ..... Je compte, comme par le passé, sur le zèle et le » dévouement de MM. les ingénieurs des poudres et sal- » pêtres pour concourir à cette publication par leurs travaux » personnels, et j'invite MM. les directeurs des établis- » sements à m'adresser, sous le timbre de la 6^{e} direction, » toute communication relative à la rédaction du *Mémorial* » *des poudres et salpêtres.*

» C. DE FREYCINET. »

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS TECHNIQUES.

NOTE

PUBLIÉE PAR ORDRE DU MINISTRE DE LA GUERRE

SUR LES

NOUVELLES POUDRES DE GUERRE

(POUDRES SANS FUMÉE).

L'armement français a été l'objet, dans les cinq années qui viennent de s'écouler, d'une transformation, à peu près complète aujourd'hui, que la plupart des grandes puissances continentales s'efforcent de réaliser à leur tour.

Cette transformation a donné lieu à des appréciations souvent erronées qu'il importe de rectifier. Le principe en a été généralement méconnu, et, dans la plupart des études qui lui ont été consacrées, c'est l'une de ses conséquences, secondaire au point de vue théorique, sinon au point de vue pratique, qui a été exclusivement signalée, à savoir l'utilisation de poudres sans fumée.

L'évolution qui s'est produite en France dès la fin de l'année 1884 a un caractère beaucoup plus général : elle consiste dans l'emploi, pour le chargement des armes de tous calibres, des explosifs organiques azotés à grande puissance. Ces composés sont connus depuis plus de quarante ans. On a apprécié, dès leur apparition, l'avantage considérable qu'ils devaient présenter dans les armes et dans les mines, leurs effets étant généralement égaux à ceux que produit la poudre noire employée à des charges trois ou quatre fois plus grandes.

D'ailleurs, toutes ces matières sont des explosifs sans fumée, leur décomposition ne donnant que des produits gazeux.

Les efforts que l'on a faits en vue de leur emploi ont réussi dans

toutes les applications où l'on cherche à porter à son maximum la violence de leur mode d'action ; c'est ainsi que le coton-poudre a été universellement adopté pour le chargement des torpilles, et que la nitroglycérine, sous forme de dynamite, est devenue d'un usage courant dans les mines. Au contraire, tous les essais entrepris pour employer ces matières, notamment le coton-poudre, dans les armes de guerre, ont échoué par suite des propriétés brisantes qu'elles possèdent sous la forme immédiate qui résulte de leur fabrication.

Le rapport de la Commission du pyroxyle (1) constate cet insuccès et, à la suite des recherches et expériences exécutées pour étudier l'effet des matières explosives désignées sous le nom générique de *pyroxyle,* conclut que, « dans l'état actuel auquel les diverses tentatives faites par l'artillerie et par les différents chimistes et industriels ont amené la préparation de ces produits, il n'y a pas lieu de continuer les expériences au point de vue de leur emploi dans les armes de guerre (2) ».

Les expériences faites en Autriche dans le même but furent poursuivies plus longtemps que dans les autres pays, grâce à la persévérance du général Lenk; leur résultat fut également négatif, et, dans un mémoire publié en 1864 par deux membres de la Commission du pyroxyle, il est constaté que « la propriété brisante qui a fait rejeter le pyroxyle par l'artillerie française paraît appartenir avec le même degré d'énergie au pyroxyle autrichien (3) ».

A la suite de ces essais, malgré les perfectionnements considérables apportés à la fabrication du coton-poudre par le procédé Abel, l'emploi des explosifs puissants dans le tir des bouches à feu parut définitivement abandonné. Ce n'est que dans quelques applications restreintes, utilisant les poudres noires à combustion rapide, telles que les poudres de chasse, que les nouveaux explosifs ont pu être introduits sous une forme atténuée par leur mélange avec les éléments des anciennes poudres : telles sont les poudres pyroxylées ou poudres au bois employées depuis longtemps

(1) Instituée le 1er décembre 1846 par le ministre de la guerre.

(2) *Mémorial de l'artillerie,* 1852 : 8, 195.

(3) Pelouze et Maurey, *Mémoire sur la poudre-coton. — Ann. Chim. Phys.,* 1864 : [4], 3.

déjà en Allemagne, en Angleterre et en France (1). Ces poudres constituaient, jusqu'à la fin de l'année 1884, la seule application balistique du coton-poudre; aucune d'elles ne pouvait, d'ailleurs, être utilisée dans les armes de guerre.

En effet, les perfectionnements introduits, vers 1870, dans l'artillerie, pour en accroître la puissance, écartaient de plus en plus l'usage des poudres brisantes. La combustion de la poudre noire elle-même, telle qu'elle était anciennement fabriquée, devenait trop rapide pour les nouvelles armes, et tous les efforts durent se porter sur les procédés permettant de modérer la vivacité de ce produit et d'en régler la combustion de manière à ne pas compromettre la résistance des bouches à feu.

Les progrès réalisés à cette époque dans la mesure des pressions développées dans les armes avaient mis en évidence le rôle fondamental de la loi de combustion des poudres dans la production de leurs effets. D'autre part, les recherches théoriques sur la balistique intérieure, particulièrement développées en France, permirent d'apprécier exactement l'influence réciproque des divers éléments du tir et de calculer avec précision l'avantage qui devait résulter de la substitution des explosifs azotés à la poudre noire, sous la condition d'en régler convenablement la combustion.

On doit signaler, comme se rapportant à cet ordre d'idées, les essais de poudres à base de picrate d'ammoniaque, exécutés simultanément en France et en Angleterre; ces essais marquent un acheminement vers l'emploi rationnel des explosifs puissants dans les armes.

C'est à la fin de l'année 1884 qu'une méthode générale, permettant de régler le mode de combustion des explosifs azotés et de l'approprier à une arme de calibre déterminé, a été trouvée au Laboratoire central des poudres et salpêtres; cette méthode est fondée sur l'emploi des explosifs sous forme colloïdale.

Les résultats des premiers tirs, effectués avec une poudre de cette espèce dans un canon de 65^{mm}, ont été signalés au ministre de la guerre le 23 décembre 1884. Il était dès lors établi que les nouveaux procédés permettaient d'obtenir les effets balistiques de la poudre noire, avec la même pression et avec une charge réduite

(1) Voir ci-après, p. 13.

au tiers environ, et que la puissance des armes pouvait être notablement accrue, avec une moindre réduction de la charge, tout en conservant les pressions ordinaires.

Le type de la poudre du fusil modèle 1886 a été établi dans les premiers mois de l'année 1885; ce type n'a subi aucune modification depuis cette époque, contrairement à certaines assertions erronées qui résultent sans doute de la confusion de divers explosifs introduits simultanément dans l'armement français pour des usages entièrement différents.

Ce type a permis d'accroître de 100^{m}, pour les mêmes pressions, les vitesses qui pouvaient être pratiquement réalisées dans cette arme avec la poudre noire, et c'est grâce à ce gain de vitesse et aux tensions de trajectoires qui en résultent que la supériorité de l'arme de petit calibre s'est trouvée hors de contestation.

La substitution des explosifs azotés à la poudre noire entraîne des avantages balistiques de même ordre dans tous les types de bouches à feu.

Cette substitution a eu comme conséquence prévue la suppression de la fumée dans le tir. Il ne nous appartient pas de discuter l'importance de ce point de vue d'ordre exclusivement stratégique; mais peut-être n'était-il pas sans intérêt de montrer que la transformation de notre armement constitue un progrès essentiellement balistique, et qu'elle a eu pour résultat de mettre au service de l'artillerie les explosifs les plus puissants que nous connaissions aujourd'hui.

Il en résulte que l'adaptation au tir des bouches à feu de quelque autre explosif actuellement connu ne pourrait apporter à l'armement qu'un perfectionnement de détail, et qu'un nouveau progrès, comparable à celui qui a été réalisé récemment, ne saurait être obtenu que par la découverte d'explosifs d'un type entièrement différent de ceux que la chimie met aujourd'hui à notre disposition.

Paris, 25 juin 1890.

NOTE

SUR LA FABRICATION ET LES PROPRIÉTÉS

DES

POUDRES DE CHASSE SANS FUMÉE

DITES PYROXYLÉES.

[Les poudres de chasse sans fumée, dites *pyroxylées*, sont fabriquées dans les poudreries nationales et livrées à la consommation depuis le milieu de l'année 1882 (voir le *Mémorial*, **2**, *24); mais les types de poudre mis en vente ne réalisaient pas jusqu'ici toutes les conditions exigées par la pratique, notamment quant à l'insensibilité aux variations hygrométriques et à la constance des propriétés balistiques.

De nouvelles études, exécutées à la poudrerie nationale de Sevran-Livry, ont conduit à l'adoption d'une poudre de chasse sans fumée, très supérieure, à tous les points de vue, aux types précédemment établis; elle est actuellement fabriquée d'une manière courante à la poudrerie du Pont-de-Buis.

La fabrication et les propriétés de cette poudre font l'objet de la note qui suit.]

§ I.

FABRICATION.

Dosage. — Le dosage moyen correspond à peu près à la formule suivante :

Coton-poudre soluble.....	28	100
Coton-poudre insoluble.....	37	
Nitrate de baryte.....	29	
Nitrate de potasse.....	6	

Compositions. — Les matières, dosées par charges de 10^{kg}, sont

grossièrement mélangées à la main dans une tine, puis triturées pendant 45 minutes franches aux meules légères, avec addition de 40 pour 100 d'eau environ.

Elles sont ensuite tamisées à la perce de $2^{mm},5$.

Le mélange de grains et de poussiers est porté au séchoir, où on le laisse jusqu'à ce que son taux d'humidité soit inférieur à 1 pour 100.

Dans ce mélange, après dessiccation, on incorpore 65 pour 100 d'éther.

La pâte obtenue est grenée sur un tamis en laiton de $1^{mm},8$ de perce.

Le mélange de grains et de poussiers, provenant de cette opération, est lissé pendant 45 minutes dans une tonne en bois de $0^{m},60$ de longueur et de $0^{m},40$ de diamètre, marchant à 27 tours, puis humecté à 50 pour 100 d'eau et porté au séchoir; après séchage, on égalise à la perce de $1^{mm},6$ et l'on époussette à la perce de 1^{mm}.

Les grains obtenus subissent enfin, par charges de 10^{kg}, un lissage, avec addition de 15 pour 100 d'éther, dans une tonne en cuivre de $0^{m},40$ de longueur et de $0^{m},60$ de diamètre marchant à 10 tours par minute, dans laquelle l'éther arrive sous forme de pluie fine obtenue à l'aide d'un pulvérisateur.

Tamisée à la perce de $1^{mm},8$ pour démolir les galles qui ont pu se produire au lissage, puis séchée, égalisée et époussetée aux perces indiquées plus haut, la poudre est complètement terminée.

La proportion de grains obtenus dans le traitement des compositions est de 33 pour 100 environ.

Repassages. — Les déchets obtenus dans le traitement des compositions sont repassés aux meules pendant 30 minutes franches, puis tamisés, comme les compositions, sur un tamis en laiton de $2^{mm},5$.

Le mélange de grains et de poussiers est porté au séchoir, puis égalisé et époussetés aux mêmes perces que les compositions.

Le grain obtenu est lissé, comme le grain des compositions, avec addition de 50 pour 100 d'éther, puis séché, égalisé et époussetés de nouveau.

Les poussiers sont repassés jusqu'à complet épuisement.

Mélanges. — Les grains provenant des compositions sont mélangés, dans la proportion de 1 contre 2, avec les grains provenant des repassages, et le mélange ainsi obtenu forme la poudre destinée à la consommation.

§ II.

PROPRIÉTÉS.

Propriétés physiques. — La poudre est légèrement jaune; le grain est régulier et solide.

En général, le nombre de grains au gramme est compris entre..... 2150 et 2300
la densité gravimétrique entre..... 0,480 et 0,530
la densité réelle est supérieure à..... 1,580

La nouvelle poudre présente une solidité bien supérieure à celle de la poudre de l'ancien type.

Propriétés chimiques. — L'épreuve de chaleur est voisine de 20 minutes; à ce point de vue, elle se comporte comme la poudre ancien type.

Propriétés hygrométriques. — 4 échantillons de poudre nouveau type, désignés APB_1, APB_2, APB_6, APB_7, et fabriqués comme il a été dit précédemment, ont été essayés en janvier 1890 au Laboratoire central des poudres et salpêtres.

Séchés et exposés, soit au laboratoire, soit à l'air libre, comparativement à la poudre type pyroxylée (c'est-à-dire à la poudre ancien type), ces échantillons ont donné les résultats consignés dans le tableau suivant :

	TYPE.	APB_1.	APB_2.	APB_6.	APB_7.
Humidité primitive.....	2,62	2,09	2,35	2,25	2,20
Dessiccation.....	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Humidité après 16h à l'air libre.....	2,40	1,40	1,50	1,42	1,41
» » 40h » »	2,84	1,52	1,61	1,56	1,56
» » 64h » »	2,77	1,42	1,52	1,47	1,50
Mise en atmosphère saturée. pendant 24h.....	3,73	1,96	1,91	1,94	1,92
» 72h.....	4,67	2,15	2,21	2,10	2,37
» 96h.....	5,03	2,28	2,29	2,62	2,57

Ce tableau montre que les nouveaux échantillons sont beaucoup moins hygrométriques que le type : à l'humidité normale de 2,70 environ pour le type correspond une humidité de 1,45 à 1,55 pour les nouveaux échantillons ; et, pour cette humidité moyenne, les variations d'humidité correspondant à une même variation des conditions extérieures sont sensiblement moitié moindres pour les nouvelles poudres que pour l'ancienne. Le bénéfice s'accentue d'une façon encore plus frappante pour les taux d'humidité plus considérables, les nouvelles poudres ne paraissant pas devoir prendre des humidités supérieures à 2,50 environ dans les conditions, il est vrai, exceptionnelles, où la poudre type continue à absorber des humidités supérieures à 5 pour 100.

Propriétés balistiques. — Les résultats ci-après sont les moyennes des tirs exécutés, pour chaque lot, à la poudrerie du Pont-de-Buis.

A. Tir aux vitesses dans le fusil ordinaire.

Arme. — Fusil de chasse, calibre 16, à percussion centrale, canon cylindrique.

Charge. — Poudre $2^{gr},40$; plomb n° 6, 30^{gr}.

Mode de chargement. — Douilles dites *adrasmiques,* de la Société française des munitions. Sur la poudre, une rondelle noire, puis une bourre grasse concave. Sur le plomb, une bourre en feutre, puis une rondelle de carton blanc. Sertissage énergique.

Mesure des vitesses. — Chronographe Le Boulengé.

Plaque-cible à 30^{m} de la bouche du fusil.

DÉSIGNATION des poudres.	DATE des tirs.	HUMIDITÉ pour 100 au moment du tir.	VITESSE moyenne à 15^{m}.	PERTE de vitesse par $\frac{1}{10}$ d'humidité gagnée.
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1890.....	9 avril 1890	1,90	$251^{m},43$	»
(Poudre nouveau type)	»	2,95	$239^{m},12$	$1^{m},14$
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1889. Type.	9 avril 1890	2,90	$249^{m},87$	»
(Poudre ancien type).	»	3,60	$199^{m},20$	$7^{m},30$
Pont-de-Buis..... Lot n° 2 de 1870.....	17 mai 1890	2,00	$250^{m},80$	»
(Poudre nouveau type)	»	2,90	$242^{m},75$	$0^{m},90$
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1889. Type.	17 mai 1890	2,80	$260^{m},40$	»
(Poudre ancien type).	»	3,60	$210^{m},80$	$6^{m},20$
Pont-de-Buis..... Lot n° 3 de 1890.....	27 mai 1890	2,30	$244^{m},50$	»
(Poudre nouveau type)	»	3,00	$240^{m},40$	$0^{m},57$
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1890. Type.	27 mai 1890	2,12	$251^{m},35$	»
(Poudre nouveau type)	»	3,00	$234^{m},42$	$2^{m},11$

B. Tir dans le fusil avec appareil Maissin pour la mesure des pressions.

Mêmes conditions de chargement, sauf que l'on emploie des douilles métalliques.

DÉSIGNATION des poudres.	DATE des tirs.	HUMIDITÉ pour 100 au moment du tir.	VITESSE moyenne à 15m.	PRESSION par centim. carré. moyenne.	PRESSION par centim. carré. maximum.
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1890..... (Poudre nouveau type)	9 avr. 1890	1,90	302m,55	746kg	818kg
	26 »	0,80	306m,40	878kg	952kg
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1889. Type. (Poudre ancien type)..	9 avr. 1890	2,90	204m,80	712kg	853kg
	26 »	0,80	307m,30	1140kg	1206kg
Pont-de-Buis..... Lot n° 2 de 1890..... (Poudre nouveau type).	17 mai 1890	2,00	272m,85	844kg	992kg
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1889. Type. (Poudre ancien type)..	17 mai 1890	2,80	262m,10	755kg	992kg
Pont-de-Buis..... Lot n° 3 de 1890..... (Poudre nouveau type).	27 mai 1890	2,30	261m,14	690kg	853kg
Pont-de-Buis..... Lot n° 1 de 1890. Type. (Poudre nouveau type).	27 mai 1890	2,12	273m,11	744kg	923kg

De ces tableaux on peut tirer les conclusions suivantes :

1° A une humidité voisine de 2 pour 100, la poudre nouveau type donne des vitesses et des pressions sensiblement égales à celles de la poudre ancien type.

2° A une faible humidité (0,80 pour 100), la poudre nouveau type donne des vitesses sensiblement égales et des pressions nota-

blement inférieures à celles que donne, dans les mêmes conditions, la poudre ancien type.

Les pressions qu'elle développe dans ce cas ne paraissent pas dangereuses pour l'arme, tandis que celles qui sont développées dans les mêmes conditions par la poudre ancien type semblent trop élevées.

3° La variation de vitesse pour 0,1 pour 100 d'humidité reste très faible (2^m au maximum et 1^m en général) pour les poudres nouveau type, jusqu'aux limites extrêmes d'humidité que ces poudres peuvent absorber, tandis que la poudre ancien type subit une variation bien supérieure (environ 7^m) au voisinage de son humidité normale.

Influence de la température. — Les essais exécutés à la poudrerie du Pont-de-Buis, en janvier 1890, ont donné les résultats suivants :

Tir aux vitesses dans le fusil ordinaire à percussion centrale.

DÉSIGNATION des poudres.	HUMIDITÉ pour 100 au moment du tir.	VITESSE MOYENNE A 15 MÈTRES			
		à 0°.	à + 10°.	à + 20°.	à + 30°.
Poudre (nouveau type)	1,95	$268^m,42$	$265^m,99$	$269^m,27$	$285^m,50$
Poudre (ancien type).	2,70	$258^m,49$	$252^m,85$	$269^m,43$	$282^m,09$

Ces essais montrent que les poudres nouveau type présentent une sensibilité aux variations de température de même ordre que celle de la poudre ancien type.

§ III.

CONCLUSIONS.

En résumé, la poudre pyroxylée nouveau type conserve les propriétés balistiques normales de la poudre ancien type, mais elle présente sur celle-ci une supériorité considérable au point de vue :

1° De la solidité du grain ;

2° De l'insensibilité aux variations hygrométriques ;

3° De la constance des propriétés balistiques.

Le Pont-de-Buis, 3 juin 1890.

NOTICE SUR L'EXPOSITION SPÉCIALE

DU

SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889.

[L'exposition du ministère de la guerre, à l'esplanade des Invalides, a été organisée par une Commission qui, présidée d'abord par M. le colonel Jung, puis par M. le général Gervais et par M. le général Coste, présentait finalement la composition suivante :

Président.....	MM. le général COSTE.
Vice-Président..	THIÉRY, capitaine de vaisseau.
Rapporteur.....	JEANSON, chef du bureau de la correspondance générale au cabinet du ministre de la guerre.
Secrétaire.....	CHABBERT, licencié en droit, rédacteur au cabinet du ministre de la guerre.
Membres.....	ALOMBERT-GOGET, capitaine breveté au 121e régiment d'infanterie.
	BABIN DE GRANDMAISON, lieutenant-colonel de cavalerie.
	BAPST (Germain), administrateur du musée des arts décoratifs.
	BARRET, contrôleur général de 2e classe de l'administration de l'armée.
	BOULANGER, capitaine du génie.
	CHAMBÉ, médecin principal de 2e classe.
	DE COSSÉ-BRISSAC, chef d'escadrons de cavalerie.
	DÉSORTIAUX, ingénieur de 1re classe des poudres et salpêtres.
	MUNIER, capitaine d'infanterie.
	PERROT, ancien contrôleur de la manufacture des Gobelins.
	PRIOU, chef d'escadrons d'artillerie.
	le colonel ROBERT, conservateur du musée d'artillerie.
	SASKI, capitaine de cavalerie.
	SIMON, sous-intendant militaire de 1re classe.
	le général VANSON.

L'exposition du service des poudres et salpêtres figurait dans un pavillon spécial. La plupart des objets qui composaient cette exposition, notamment le plan en relief de la poudrerie nationale d'Angoulême, se trouvent actuellement au Laboratoire central des poudres et salpêtres, 12, quai Henri IV, à Paris.

1er mai 1890.]

Le pavillon spécial du service des poudres et salpêtres à l'Exposition universelle de 1889 reproduit un *groupe d'usines à poudre du type réglementaire*, lequel comprend (*fig.* 1 et 2) deux *compartiments d'usine* A et B de 7^m sur 7^m, un *cabinet des transmissions* C et une *galerie couverte* D.

Fig. 1.

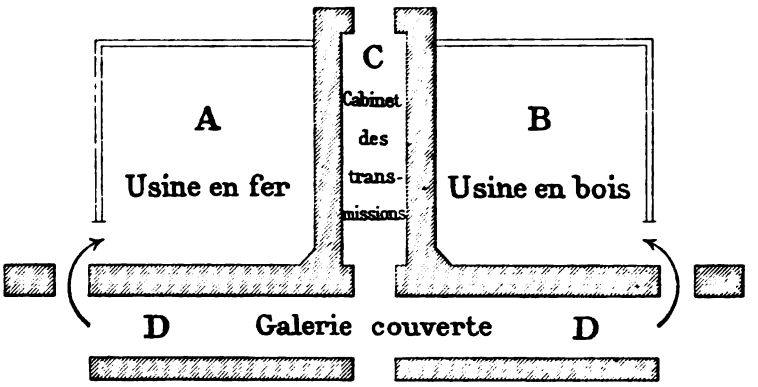
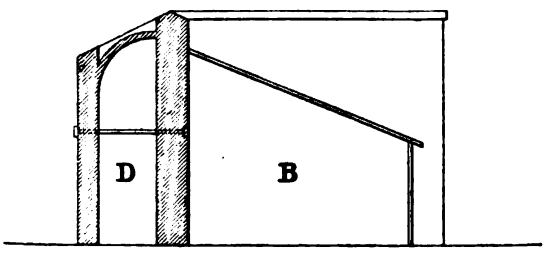


Fig. 2.



L'un des surveillants affectés au pavillon est un poudrier revêtu de son costume de travail (bourgeron serré à la taille et aux poignets, en étoffe incombustible).

§ I.

GROUPE D'USINES A POUDRE DU TYPE RÉGLEMENTAIRE.

La construction des groupes d'usines, dans lesquels on exécute les diverses opérations de fabrication des poudres, est soumise à des règles spéciales, en prévision des accidents inhérents à cette fabrication.

Les bâtiments doivent être isolés les uns des autres, de manière qu'une explosion survenant dans l'un d'eux ne se propage pas dans les autres.

Un groupe d'usines comprend généralement deux compartiments, dans lesquels sont installés les appareils de fabrication, et qui sont séparés par une salle exclusivement affectée aux transmissions.

Chaque usine est construite avec deux *murs forts* en maçonnerie, de 1^{m} d'épaisseur, et deux *côtés faibles* d'une grande légèreté, qui offrent, ainsi que la toiture, le moins de résistance possible en cas d'explosion. Il en résulte que toute la violence de l'explosion porte dans une direction déterminée, et que le compartiment voisin et les chemins de service sont absolument protégés.

Les murs forts sont en outre reliés, soit l'un à l'autre au moyen de la charpente métallique du cabinet des transmissions, soit à un mur supplémentaire, dit *mur de masque,* couronné par un arceau en maçonnerie qui contrebute solidement le mur de fond et forme une galerie couverte, où se tiennent, à l'abri de tout accident, les ouvriers chargés de la surveillance.

Toutefois, quand le travail d'une usine comporte la présence de quantités de poudre assez considérables pour vaincre, en cas d'explosion, la résistance des murs latéraux, l'usine double est réduite à une usine simple, à trois côtés faibles, et la partie résistante du bâtiment à la galerie couverte postérieure, dans laquelle sont alors installées les transmissions.

Ces diverses dispositions ont été proposées et réalisées, pour la première fois, de 1867 à 1870, par M. Maurouard, à la poudrerie de Sevran-Livry, lors de la création de cet important établissement.

L'une des usines qui forment le groupe de l'Exposition est construite avec cloisons légères et charpente en *bois,* comme dans la plupart des poudreries nationales; mais, en cas d'explosion, les débris de bois, enflammés et projetés au loin, peuvent porter l'incendie dans toutes les parties de l'établissement. Aussi cherche-t-on aujourd'hui à construire ces usines suivant le type du second compartiment, avec charpente, devanture et couverture *métalliques.*

L'usine à charpente en bois reproduit avec quelque exactitude la disposition réelle d'un atelier à poudre; elle est particulièrement affectée à l'ensemble des appareils nécessaires pour la fabrication des poudres prismatiques.

L'installation de l'éclairage électrique dans les différentes parties du pavillon est due à la Compagnie continentale Édison.

---

§ II.

PLANS DES ÉTABLISSEMENTS.

I. — Plan en relief de la poudrerie nationale d'Angoulême.

Ce plan, exécuté à l'échelle de $\frac{1}{500}$ par MM. Perrier-Berche et Pequegnot, dessinateurs de 1re classe du service géographique de l'armée à la galerie des plans-reliefs, occupe le centre de l'usine métallique.

Le rectangle de terrain représenté par le plan mesure 1^{km} sur 1600^{m}. Tous les détails d'installation et de construction de la poudrerie ont été fidèlement reproduits; un plan d'ensemble, à l'échelle de $\frac{1}{5000}$, a été disposé sur un chevalet métallique à proximité du plan en relief, afin d'en faciliter l'intelligence.

La poudrerie nationale d'Angoulême occupe un personnel d'environ 850 ouvriers; sa superficie est de 127 hectares.

II. — Plans des autres établissements du service.

Aux murs des deux usines et du cabinet des transmissions figurent les plans à vol d'oiseau, à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, des 10 autres poudreries nationales, et les plans d'ensemble, à l'échelle de $\frac{1}{250}$, des raffineries nationales de Lille, Bordeaux et Marseille, de l'ancien Dépôt central des poudres et salpêtres, du Laboratoire central

des poudres et salpêtres et du Laboratoire central de la marine, à Paris.

La puissance de production des poudreries françaises est normalement, par année, de 15 000 000^{kg} d'explosifs de toute espèce (poudres noires et brunes, coton-poudre, mélinite, poudres sans fumée, etc.).

La *poudrerie nationale du Moulin-Blanc,* près Brest, occupe 625 ouvriers; superficie 10 $\frac{1}{2}$ hectares.

La *poudrerie nationale du Pont-de-Buis* (Finistère) occupe 340 ouvriers; superficie 37 hectares.

La *poudrerie nationale du Ripault* (Indre-et-Loire) occupe 150 ouvriers; superficie 48 hectares.

La *poudrerie nationale de Sevran-Livry* (Seine-et-Oise) occupe 279 ouvriers; superficie 115 hectares.

La *poudrerie nationale d'Esquerdes* (Pas-de-Calais) occupe 175 ouvriers; superficie 34 hectares.

La *poudrerie nationale de Saint-Ponce* (Ardennes) occupe 34 ouvriers; superficie 9 $\frac{1}{2}$ hectares.

La *poudrerie nationale de Vonges* (Côte-d'Or) occupe 204 ouvriers; superficie 34 $\frac{1}{2}$ hectares.

La *poudrerie nationale de Saint-Chamas* (Bouches-du-Rhône) occupe 372 ouvriers; superficie 58 $\frac{1}{2}$ hectares.

La *poudrerie nationale de Toulouse* occupe 90 ouvriers; superficie 44 hectares.

La *poudrerie nationale de Saint-Médard,* près Bordeaux, occupe 370 ouvriers; superficie 68 hectares.

Les *raffineries nationales de Lille, Bordeaux* et *Marseille* fournissent aux poudreries les quantités de salpêtre et de soufre nécessaires pour la fabrication des poudres noires ou brunes.

Le *Laboratoire central des poudres et salpêtres* (12, quai Henri IV, à Paris) comprend, indépendamment des laboratoires où s'effectuent les épreuves d'échantillons et les recherches scientifiques, les locaux affectés : 1° à l'*Inspection générale des poudres et salpêtres;* 2° à la *Commission de fabrication des poudres;* 3° à la *Commission des substances explosives.*

Cette dernière Commission, qui tient au Laboratoire central des poudres ses séances mensuelles, sous la présidence de M. le sénateur Berthelot, dispose en outre, pour ses expériences,

d'une installation complète à la poudrerie nationale de Sevran-Livry.

§ III.

APPAREILS D'ÉPREUVE ET DE FABRICATION.

I. — L'usine métallique contient les appareils d'épreuve ci-après :

1° *Manomètre enregistreur des pressions* de MM. Sarrau, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, et Vieille, ingénieur des poudres et salpêtres, construit par M. Froment-Dumoulin.

Cet appareil permet de déterminer la loi de l'écrasement, en fonction du temps, d'un cylindre métallique, sous l'action des pressions développées en vase clos par les explosifs. Il donne, d'une façon générale, pour tous les explosifs lents ou brisants, la relation qui existe entre la pression développée par l'explosif à un moment quelconque et l'écrasement du cylindre métallique correspondant.

Ce mode d'enregistrement a permis d'établir la théorie du fonctionnement des appareils *crushers,* dont les indications étaient considérées jusqu'alors comme simplement empiriques.

Appliqué à l'étude des poudres utilisées dans l'artillerie, il donne la loi de combustion de ces matières sous des pressions comparables à celles qui sont réalisées dans les bouches à feu, et permet de prévoir la nature de l'arme dans laquelle un échantillon quelconque peut être utilisé.

L'appareil se compose :

1° D'un *cylindre tournant* conduit par un moteur électrique;

2° D'un *diapason* entretenu électriquement, traçant automatiquement sur le cylindre tournant, au moment de l'écrasement du cylindre métallique;

3° D'une *bombe* en acier munie, à l'une de ses extrémités, d'un appareil de mise de feu, et, à l'autre extrémité, d'un manomètre crusher dont le piston, muni d'une plume, inscrit son mouvement sur le cylindre tournant.

Divers types de manomètres crushers, à pistons de poids variables entre 60^{gr} et 8^{kg}, permettent d'étudier les conditions de fonctionnement statique et dynamique de l'appareil crusher.

2° *Appareil de M. Bianchi pour la lecture des courbes fournies par le manomètre enregistreur des pressions.* — Cet appa-

reil se compose d'un microscope monté sur un chariot qui peut recevoir, à l'aide de vis micrométriques, deux déplacements rectangulaires évalués au $\frac{1}{100}$ de millimètre.

Divers *tableaux graphiques* indiquent les résultats comparatifs fournis par la lecture des tracés obtenus à l'aide du manomètre enregistreur.

3° *Bombe calorimétrique* de MM. Berthelot, Sarrau et Vieille, construite par M. Golaz.

Cette bombe sert à la mesure des chaleurs de décomposition des explosifs sous des pressions ne dépassant pas 200^{atm}. Elle est doublée en platine pour empêcher l'oxydation des parois et les dégagements parasites de chaleur qui en résultent.

Elle permet également de déterminer la chaleur de combustion dans l'oxygène des explosifs dont la composition ne comporte pas une combustion complète par la réaction réciproque de leurs éléments. Une pompe sert à comprimer dans la bombe l'oxygène nécessaire à la combustion.

L'enceinte calorimétrique est celle de M. Berthelot.

4° *Canon de fusil lisse calibre* 16, *avec appareil Maissin pour la mesure des pressions.* — Le fusil disposé pour la mesure des pressions, dans les conditions mêmes du tir des armes de chasse, se compose d'un canon du calibre 16, se terminant à la hauteur de l'arrière de la cartouche et fileté à cette extrémité pour recevoir une culasse démontable qui contient l'appareil proprement dit de mesure des pressions. Celui-ci se réduit essentiellement à deux pièces, appelées le *marteau* et l'*enclume*.

Le *marteau* est une pièce cylindrique, ayant le diamètre de la cartouche au bourrelet et la plus petite longueur possible, afin de réduire sa masse. Ce marteau est percé d'un canal incliné, de 3^{mm} de diamètre, pour le passage du percuteur destiné à l'inflammation de la cartouche. Un ergot, disposé parallèlement aux génératrices du cylindre, sert à maintenir le marteau dans la position convenable pour que le percuteur puisse être introduit dans le canal oblique, à travers une fente longitudinale ménagée dans la culasse.

L'*enclume* est un bouchon fileté qui sert à fermer la culasse.

C'est entre le *marteau* et l'*enclume* qu'on place le petit cylindre de cuivre rouge de 13^{mm} de longueur et de 8^{mm} de diamètre, appelé *crusher*,

dont l'écrasement doit servir à mesurer la pression exercée sur le culot de la cartouche.

La mise de feu est obtenue au moyen d'un percuteur spécial, disposé de façon à obtenir le relèvement automatique du marteau, après le choc sur le percuteur. Il est essentiel de n'opérer qu'avec des cartouches métalliques, préalablement plongées dans l'huile de pied de bœuf.

Les pressions mesurées varient généralement de 1500 à 2500^{atm}, selon la vivacité ou la lenteur des poudres employées. Ce sont ces pressions considérables que doit pouvoir supporter une bonne arme de chasse, car souvent les chasseurs graissent la chambre du fusil afin de faciliter l'introduction et l'extraction des cartouches, et se placent ainsi dans des conditions défavorables pour la préservation de l'appareil de fermeture de leur arme.

5° *Modèle réduit d'une ancienne batterie de pilons de la poudrerie nationale du Ripault.* — Ces appareils de trituration de la poudre ne sont plus en usage dans les poudreries françaises.

II. — Dans la galerie couverte D et le cabinet des transmissions C est figurée l'*installation du tir au fusil de guerre pour la mesure des vitesses et des pressions.*

Cette installation comprend :

1° Un *fusil de guerre modèle* 1874, monté sur un chevalet fixe et muni d'un dispositif spécial pour la mesure des pressions (appareil crusher). En vue de la mesure des vitesses, un fil de cuivre argenté, tendu sur la bouche du canon, est destiné à être rompu par le passage de la balle.

2° Une *plaque-cible en acier chromé,* boulonnée sur un support fixe et munie d'un interrupteur spécial proposé par l'École normale de tir du camp de Châlons. Cet interrupteur est traversé par un courant qui se trouve rompu au moindre choc imprimé à la plaque d'avant en arrière.

3° Un *chronographe Le Boulengé,* composé essentiellement de deux électro-aimants qui maintiennent par attraction magnétique deux tiges cylindriques suspendues verticalement, dont l'une est garnie d'un cartouche en zinc.

Au moment où la balle sort de la bouche du canon, le courant de l'un des électro-aimants se trouve rompu, et la plus longue des deux tiges, dite *chronomètre,* se détache et tombe librement. Dès

que la balle frappe la plaque-cible, le courant du second électro-aimant se trouve également rompu, et la plus petite tige tombe à son tour et déclenche un couteau qui vient frapper horizontalement le cartouche du chronomètre en marche.

Une formule très simple permet de déduire, de la hauteur du trait ainsi obtenu, la vitesse du projectile.

III. — L'usine à charpente en bois contient les appareils ci-après :

1° *Presse hydraulique à* 100 *grains pour poudre prismatique, du système Bianchi, avec ses accessoires.* — Cette presse, dont le premier modèle a été construit en 1884, est employée exclusivement en France pour la fabrication des poudres prismatiques, dites *brunes* ou *chocolat,* qui sont aujourd'hui universellement adoptées pour le chargement des canons de gros calibre.

Plusieurs de ces presses fonctionnent également à l'étranger. L'appareil exposé, construit sur le modèle des presses des poudreries françaises, a été acquis par le gouvernement du Brésil, qui a bien voulu le mettre à la disposition du service des poudres pendant la durée de l'Exposition universelle de 1889.

L'installation complète d'une presse à 100 grains comprend :

a. — *L'outillage proprement dit,* disposé pour la formation de prismes droits de 25^{mm} de hauteur à base hexagonale de 20^{mm} de côté, percés suivant l'axe d'un trou cylindrique de 10^{mm} de diamètre : il est monté sur une presse hydraulique dont le corps, en acier forgé, peut supporter une pression de 300^{kg} par centimètre carré. Le piston a 35^{cm} de diamètre, en sorte que la force totale utilisée pour la compression de la poudre atteint près de 300^{kg}. Enfin, un évidement pratiqué autour de la partie supérieure du piston permet d'exercer une traction hydraulique sur la tête du piston.

b. — *Un accumulateur hydraulique* emmagasinant de l'eau à 100^{kg} de pression et alimenté par une *pompe* injectant 15^{lit} par minute.

c. — *Un accumulateur différentiel* ou *multiplicateur* triplant la pression de l'eau qui lui est fournie par le premier accumulateur, de façon à achever à 300^{kg} la compression commencée à 100^{kg}.

d. — Enfin, une *robinetterie* en bronze formée de six robinets dont quatre accouplés par deux, disposée sur une table en fonte et permettant à un seul ouvrier de conduire l'appareil avec toutes les précautions désirables.

La pompe et l'accumulateur différentiel ont été établis par M. Champigneul. La robinetterie est du système de la poudrerie nationale de Sevran-Livry.

L'outillage proprement dit comprend : 100 matrices en bronze très résistant, travaillé avec des soins spéciaux, qui sont logées dans un bloc d'acier; 100 mandrins inférieurs en bronze avec broche, portés par un chariot qui roule sur des rails reposant sur le sommier inférieur de la presse; 100 mandrins supérieurs portés sur une plaque en fonte ou en acier fixée au sommier supérieur. Le chargement se fait à l'aide d'une mesure en cuivre roulant sur des rails, que l'on remplit au moyen d'un magasin placé en dehors de la presse et qu'on vide ensuite dans les matrices amenées, à cet effet, en arrière de la presse.

On fait normalement une pression en 3 minutes, mais on pourrait facilement la faire en 2 minutes, s'il n'était plus avantageux et plus prudent d'éviter la précipitation dans ces opérations.

On obtient ainsi une production de 88^{kg} à l'heure.

Les avantages de ce système sur les presses mécaniques primitivement employées pour ce travail sont les suivants :

a. — Durée de compression aussi grande qu'il est nécessaire, ce qui diminue les pressions auxquelles doivent résister les matrices, mandrins et broches, et permet de les maintenir dans des limites convenables, tandis que, dans les presses mécaniques, la brièveté de l'effort nécessite l'emploi de pressions incompatibles avec la résistance du matériel.

b. — Réduction au minimum du déplacement du grain dans la matrice, circonstance également très favorable à la conservation du matériel et à la régularité de forme et de texture des grains, tandis que, dans les presses mécaniques, les grains sont soumis à des déplacements considérables pendant la compression, d'où résultent des frictions énergiques entre les matrices et les broches d'une part, et la poudre de l'autre, frictions qui se traduisent par une usure rapide du matériel et un changement dans la forme des grains, qui, en tout cas, portent nettement des traces de frottement.

c. — Sécurité provenant de la faculté que possède le conducteur de modérer ou même d'arrêter instantanément les mouvements de la presse, tandis que les presses mécaniques sont munies nécessairement de volants énormes qu'il n'est pas possible d'arrêter.

Quant aux produits, grâce à cette supériorité de l'appareil, ils présentent une régularité de forme et de compression qui se prête parfaitement à l'emballage et à la confection des gargousses, et donnent au tir des vitesses aussi régulières que possible, satisfaisant aux conditions rigoureuses imposées en France par le service de l'artillerie.

2° *Densimètre Bianchi pour poudres à gros grains, avec machine pneumatique, balance et accessoires.* — Cet appareil est aujourd'hui d'un usage universel pour la mesure de la densité des poudres à gros grains.

Le mode d'opération consiste à peser un œuf en fonte préalablement rempli de mercure, puis à le peser plein de mercure et d'un poids déterminé de poudre. Connaissant la densité du mercure à la température de l'expérience, on en déduit aisément le poids spécifique cherché.

L'appareil est complété par une balance et par une machine pneumatique du système Bianchi, laquelle permet de faire le vide à l'intérieur de l'œuf pour en extraire les bulles d'air.

3° *Densimètre Bianchi pour galettes de poudre.* — Cet appareil diffère du premier principalement par la forme et les dimensions du récipient en fonte.

4° *Série d'appareils de M. Bianchi pour l'étude de la combustion des explosifs dans le vide.* — Ces appareils ont été établis par M. Bianchi dès l'année 1862.

Un petit panier en fil de platine est placé sous le récipient d'une pompe à air où l'on fait le vide.

Le panier étant porté au rouge par le courant électrique, la poudre se met à brûler lentement et sans explosion : la déflagration se produit dès qu'on rétablit la pression, fût-ce au moyen d'un gaz inerte, tel que l'azote ou l'acide carbonique.

Dans les mêmes conditions, la décomposition du coton-poudre s'effectue lentement et sans production de lumière.

On vérifie également qu'un coup de pistolet dans le vide ne produit ni lumière, ni bruit, à la condition que le vide ait pu être effectué à l'intérieur de la chambre à poudre. Si, au contraire, le vide n'est pas parfait dans la chambre à poudre, la déflagration a lieu avec lumière, mais sans bruit.

§ IV.

ÉCHANTILLONS DE MATIÈRES PREMIÈRES.

Ces échantillons, renfermés dans une vitrine de l'usine métallique, sont les suivants : *salpêtre, soufre, bois de bourdaine* et *bois blanc* pour la préparation des charbons à poudre, *charbons*

pour poudres de chasse, de mine et de guerre, *déchets de coton filé* pour coton-poudre.

§ V.

FAC-SIMILÉ DE PRODUITS FABRIQUÉS.

La même vitrine contient des fac-similé de la plupart des explosifs et munitions fabriqués par le service des poudres (les *poudres sans fumée* et la *mélinite* exceptées).

a. POUDRES NOIRES OU BRUNES.

Poudres de vente. — Les échantillons exposés comprennent tous les types de poudres fabriqués pour la vente à l'intérieur et pour l'exportation :

Nouvelles poudres de chasse *ordinaires* et *fortes* (huit types différents), poudre de chasse *spéciale*, poudre de chasse pyroxylée;

Poudres de commerce extérieur;

Poudres de mine rondes (travaux de sautage et de pétardement), poudres de mine anguleuses (pour cartouches comprimées), poudres de mine fin grain (pour mèches de sûreté), poudre de mine lente spéciale;

Pulvérin pour artifices, etc.

Ces diverses poudres sont vendues, spécialement pour l'*exportation,* à des prix très réduits, par exemple :

Les poudres de chasse ordinaires et fortes, livrées en boîtes, à 2^{fr} et $2^{fr},50$ le kilogramme;

Les poudres de mine rondes ou anguleuses, de $0^{fr},75$ à $0^{fr},85$ le kilogramme;

Les poudres de commerce extérieur, de $0^{fr},625$ à $0^{fr},66$ le kilogramme.

Poudres de guerre. — Les échantillons exposés comprennent les principaux types de poudre fabriqués par les Départements de la Guerre et de la Marine :

Poudres pour fusil de guerre mod. 1874, dites F_1 et F_3;

Poudre pour fusil mod. 1878 de la marine, dite F_2;

Poudre pour canon-revolver, dite R;

Poudre pour canon de 65^{mm};

Poudre pour canon de campagne, dite C_1;

Poudre pour canon de 90^{mm} de la marine, dite C_2;

Poudres pour canons de siège et de place et pour canons de la marine de 14^{cm} à 42^{cm}, dites SP_1, SP_2, $\frac{16}{20}$, $\frac{28}{34}$, $\frac{30}{40}$; prismatique noire PA_1; prismatiques brunes PB_1, PB_2, PB_3.

En principe, la grosseur des grains de poudre croît avec le calibre de l'arme.

Les prix d'exportation des poudres de guerre, également très réduits, sont de :

1^{fr},75 par kilogramme pour les poudres noires à canon;

2^{fr} pour les poudres brunes à canon et pour les poudres à fusil.

Bloc de poudre Doremus. — La série de ces échantillons est complétée par une charge d'un seul bloc de poudre comprimée du système Doremus, provenant des premiers essais exécutés en France dès 1862.

b. COTON-POUDRE.

Les modèles exposés représentent les principales formes de coton-poudre fabriquées pour le département de la marine :

a. — *Pour le chargement des torpilles des différents modèles :* grands carreaux pleins, épais et minces; carreaux prismatiques et cubiques, pleins ou avec canal; cylindres pleins, cylindres d'amorce, avec ou sans cannelure; disques pleins ou évidés circulairement; secteurs pour disques pleins et pour disques à évidement rectangulaire;

b. — *Pour le tirage dans les mines :* petits cylindres pleins ou percés.

Enfin un échantillon figure le *coton azotique,* qui est livré au commerce au prix provisoire de 5^{fr},25 par kilogramme sec, et qui est destiné à la fabrication des dynamites-gommes et des dynamites gélatinées.

C. MUNITIONS DIVERSES.

Sous cette rubrique sont comprises les munitions suivantes :

Cordeau détonant souple (au coton-poudre), du type Maissin, permettant d'assurer la transmission instantanée du feu à un grand nombre de charges;

Cordeau détonant métallique (au coton-poudre), pour le même objet;

Amorçages divers, pour l'emploi des cordeaux détonants;

Types divers de cartouches de mine, au nitrate d'ammoniaque et au nitrate de soude, spécialement établies en vue des mines grisouteuses, à la suite des études récentes de la Commission des substances explosives, et permettant de réduire au minimum les chances d'inflammation du grisou par la détonation même de la cartouche.

---

§ VI.

ENVELOPPES.

Dans le cabinet des transmissions est exposée la série des enveloppes employées pour les diverses poudres :

Chapes et *barils,* avec *sacs ordinaires* ou *caoutchoutés,* pour poudres diverses;

Barils et *barillets* pour poudres de commerce extérieur;

Caisse étanche pour poudres prismatiques;

Caisse avec 3 *boîtes en zinc* pour poudres d'exportation;

Caisse pour poudre de chasse.

Les *boîtes* de diverses contenances *pour poudres de chasse ordinaires, fortes* et *spéciales* et pour *poudre de chasse pyroxylée,* figurent dans la vitrine mentionnée plus haut.

---

§ VII.

DIVERS.

Cette rubrique comprend :

1° Un *tableau descriptif du pavillon du service des poudres et salpêtres,* placé à l'entrée du cabinet des transmissions;

2° Un tableau intitulé : *Consigne générale pour les poudreries nationales;*

3° Deux tableaux intitulés : *Consigne générale pour les*

ateliers à poudre et *Consigne générale pour les magasins à poudre;*

4° Deux tableaux formés au moyen des différents *types de toiles métalliques et de gazes de soie* employés pour l'égalisage des diverses poudres;

5° Un grand nombre de *photographies* exécutées à la poudrerie nationale de Sevran-Livry : vues d'ensemble, bâtiments, appareils, etc.;

6° Un tableau indiquant la *Statistique comparée des accidents dans les poudreries nationales françaises et dans diverses industries.*

D'après ce dernier tableau, si l'on considère le nombre des accidents mortels survenus, par 1000 ouvriers et par année, d'une part dans les poudreries nationales, d'autre part dans les principales industries réputées dangereuses, on obtient les chiffres ci-après :

Fabriques d'explosifs (industrie privée), 1879-1889.....	26,90
Bâtiments armés pour la pêche en Islande, 1874-1883....	9,20
Poudreries nationales françaises, 1820-1872.....	**3,63**
Houillères (Statistique générale).....	3,37
Camionnage et roulage (Statistique générale).....	3,33
Exploitation des chemins de fer belges, 1879-1882.....	2,97
Construction de chemins de fer, ponts, etc. (Statist. gén[le])	2,94
Poudreries nationales françaises, 1873-1883.....	**2,61**
Carrières (Statistique générale).....	2,34
Brasseries (Statistique générale).....	1,86
Exploitation des chemins de fer anglais, 1874-1887.....	1,78
Travaux de maçonnerie et de charpenterie (Statist. gén[le]).	1,35
Exploitation des chemins de fer français, 1875-1885.....	1,25
Poudreries nationales françaises, 1884-1889.....	**0,68**
Fabrication des machines et outils (Statistique générale)..	0,58
Industrie textile (Statistique générale).....	0,23

Il ressort de ce tableau que, pendant les périodes successives 1820-1872, 1873-1883 et 1884-1889, le nombre des accidents mortels survenus dans les poudreries nationales, par 1000 ouvriers

et par année, s'est successivement abaissé de 3,63 à 2,61 et à 0,68.

Les proportions correspondantes, pour les différentes industries, variant de 26,90 à 0,23, il en résulte que, dans la période actuelle, les poudreries nationales doivent être rangées parmi les établissements industriels dans lesquels le travail présente la plus grande sécurité relative. On peut donc penser que les compagnies d'assurances ne refuseront plus d'accueillir les demandes d'assurance sur la vie qui leur seront adressées par les ouvriers des poudreries nationales françaises.

Paris, 1er mai 1889.

ÉTUDES ET RECHERCHES

FAITES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

SUR LES OBJETS, PRODUITS, APPAREILS ET PROCÉDÉS

POUVANT INTÉRESSER

LE SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES [1],

PAR

M. BRUNEAU,
Sous-ingénieur des poudres et salpêtres.

Depuis l'Exposition universelle de 1878, la science des explosifs a fait des progrès considérables ; guidée par les importants travaux d'un grand nombre de savants, en particulier ceux de MM. Berthelot, Sarrau et Vieille, la fabrication des poudres et explosifs, qui, pendant longtemps, était plutôt considérée comme un art, est rentrée, comme toutes les industries, dans le domaine de la science. Les belles découvertes de M. Berthelot, ses fécondes théories de thermochimie permettent maintenant d'étudier les explosifs à priori et de déterminer, lorsque leur composition comprend une quantité d'oxygène suffisante pour obtenir une combustion complète, la force d'un explosif, sa température de détonation et le volume des gaz dégagés lors de la décomposition. Ces remarquables théorèmes ont permis de montrer, et la pratique est venue confirmer la théorie, qu'il est possible de former des explosifs avec des substances qui appartenaient jadis à la chimie pure ; l'introduction

[1] Rapport de la Commission chargée de rechercher et d'étudier, à l'Exposition universelle de 1889, les objets, produits, appareils et procédés pouvant intéresser l'armée. (Sous-commission des poudres et salpêtres; membre titulaire rapporteur, M. BRUNEAU, sous-ingénieur des poudres et salpêtres.)

de corps nouveaux dans les combinaisons explosives a donné un nouvel essor à la fabrication de corps, confinés jusqu'alors dans des industries spéciales, et ce mouvement, qui prend seulement naissance, s'accentuera certainement.

D'autres travaux, non moins importants, permettent de déterminer le meilleur mode d'utilisation des poudres dans les bouches à feu. Les formules de M. Sarrau jouent, dans la préparation des poudres, un rôle d'autant plus considérable que l'industrie fabrique maintenant des canons pour lesquels elle réclame, sans essais préalables, les poudres qui donnent les meilleurs résultats. Ces formules, vérifiées pendant longtemps avec les poudres noires réglementaires, s'appliquent encore pour les poudres brunes de l'armement de la marine ; elles représentent également bien les résultats obtenus avec les poudres sans fumée.

Ces progrès théoriques montrent la voie nouvelle dans laquelle on s'est engagé; ils désignent les nouveaux produits qui peuvent entrer dans les mélanges explosifs et étendent les nombreuses combinaisons déjà faites.

Toute étude des substances explosives exposées doit donc comprendre, non seulement la relation des progrès réalisés dans la fabrication des poudres et des substances explosives, mais encore les modifications apportées dans la composition des dynamites livrées par l'industrie et l'étude du mode de préparation des corps qui entrent dans la composition des divers explosifs représentés ou exploités.

Le matériel utilisé dans ces fabrications présente également un certain intérêt; aussi fait-il l'objet d'un chapitre spécial.

La variété des préparations nous oblige à le diviser en paragraphes sans que nous puissions, dans un certain nombre de cas, signaler un appareil comme s'appliquant spécialement à une fabrication, car beaucoup d'entre eux sont utilisables dans la préparation des divers corps livrés actuellement par le service des poudres.

Dans un autre chapitre, on signale les matériaux légers ou incombustibles qui figurent à l'Exposition et qui peuvent entrer dans la construction des usines à poudre ; enfin le travail se termine par l'étude de l'utilisation des poudres françaises dans les bouches à feu fabriquées par l'industrie ou exposées dans les sections étrangères et dont les données ont été fournies par les constructeurs.

CHAPITRE PREMIER.

PRODUITS EXPLOSIFS.

Avant d'aborder l'étude des poudres et explosifs qui figurent à l'Exposition, il est utile de passer en revue les corps qui entrent dans la composition de ces substances.

Parmi les nombreux composés exposés, certains sont connus depuis longtemps, et leur préparation industrielle ne s'est pas modifiée ; d'autres, au contraire, introduits plus récemment dans les mélanges explosifs, présentent de l'intérêt.

Dans ce premier chapitre, on étudie donc successivement la préparation de certains corps chimiques, la fabrication des poudres et explosifs, et les modes d'amorçage et de mise de feu qui figuraient à l'Exposition.

§ I.

MATIÈRES PREMIÈRES.

En 1878, la dynamite paraissait devoir suffire à tous les besoins ; mais, depuis lors, on a trouvé qu'on pouvait obtenir des explosifs aussi puissants et d'un maniement moins dangereux, soit en faisant usage de certains carbures nitrés, bien qu'ils ne renferment pas une quantité d'oxygène suffisante pour la combustion complète, soit en mélangeant d'autres carbures nitrés avec de l'azotate d'ammoniaque, afin de réaliser la combustion complète, tout en abaissant la température de décomposition.

La nitrification des composés organiques est ainsi devenue une opération journalière dans la préparation des explosifs, et toute modification dans la préparation de l'acide nitrique tendant, soit à augmenter le rendement, soit à donner un acide plus concentré, devient importante ; c'est à ce point de vue qu'il est utile de signaler

le mode de fabrication de l'acide nitrique à la dynamiterie de Cugny.

Acide nitrique. — L'appareil se compose d'une cornue en fonte dont les parois latérales sont garnies intérieurement par un revêtement en briques réfractaires ; la tubulure supérieure, qui permet d'évacuer les vapeurs produites par la réaction, est reliée à la batterie de condensation composée de 6 ballons et de 2 serpentins en grès, plongés dans un récipient et maintenus à une basse température par une circulation d'eau.

La disposition des appareils de condensation, et en particulier l'emploi de serpentins réfrigérants, paraissent influer sur le rendement. Ces derniers appareils, construits en Allemagne par la maison Rohrmann, à Krauschwitz, ne sont pas fabriqués par les usines françaises.

Par opération, on met dans l'appareil 700^{kg} d'azotate de soude sec et 700^{kg} d'acide sulfurique à 66° ; on porte immédiatement la température à 120°, afin de faciliter le dégagement du chlore toujours contenu en faible quantité dans le nitrate de soude ; puis on laisse tomber la température entre 80° et 100°, et on la maintient entre ces limites pendant 24 heures.

A la fin de l'opération, on force le feu et on laisse monter à 250°, température nécessaire pour fondre le bisulfate produit et faciliter le déchargement de l'appareil. En opérant dans ces conditions, on obtient un acide marquant 49°,1 Baumé, c'est-à-dire à 94 pour 100 d'acide monohydraté ; le rendement s'élève à 94 pour 100 du poids d'acide nitrique contenu dans l'azotate de soude employé.

Cet acide nitrique concentré est employé à la préparation des corps nitrés, mais les petites eaux peuvent être utilisées dans la fabrication de l'azotate d'ammoniaque.

Azotate d'ammoniaque. — Ce sel n'est préparé jusqu'à présent que par un petit nombre d'établissements industriels, la consommation étant très faible. Cette fabrication va très probablement prendre une importance plus considérable, car tous les explosifs recommandés par la Commission des substances explosives pour les mines grisouteuses sont à base d'azotate d'ammoniaque.

Les sources d'eaux ammoniacales sont nombreuses, mais s'il est

possible, dans certaines fabrications, de ne pas tenir compte des éléments étrangers qui s'y trouvent, il n'en est pas de même pour la préparation du nitrate ; en particulier, les eaux ammoniacales qui proviennent de charbons sulfureux, comme certains charbons anglais, introduisent, dans la fabrication, du soufre qu'il est nécessaire d'éliminer. Les matières goudronneuses en suspension sont également une cause de difficulté au moment du séchage du produit final.

Les eaux ammoniacales commerciales sont vendues pour la proportion nette d'ammoniaque AzH^3 qu'elles contiennent ; ces eaux sont plus ou moins concentrées : celles qui proviennent de la distillation de la houille contiennent de 14 à 23 pour 100 d'ammoniaque, mais cette proportion tombe à 10 pour 100 dans les eaux ammoniacales obtenues par le traitement des urines.

Les dessins exposés par M. Chevalet, ingénieur à Troyes, relatifs à la préparation du sulfate d'ammoniaque, peuvent s'appliquer, d'après cet exposant, au moins partiellement à la fabrication de l'azotate. Dans de grands bacs, dans lesquels on a placé de l'acide nitrique faible marquant 3 1/2° Baumé environ, on ajoute des eaux ammoniacales jusqu'à neutralisation, on arrête l'addition de liquide lorsque le papier de tournesol ne marque plus.

On laisse alors reposer la liqueur.

Si les eaux ammoniacales proviennent de charbons sulfureux, le soufre se dépose ainsi que certains corps goudronneux, tandis que d'autres, au contraire, restent en dissolution dans la liqueur.

Après un temps assez long, on transvase la dissolution dans d'autres cuves, munies d'un serpentin dans lequel on fait passer la vapeur.

L'évaporation est poussée jusqu'à ce que le produit prenne la consistance sirupeuse; on le verse alors dans des bacs refroidis pour que l'azotate d'ammoniaque cristallise.

Pendant l'évaporation, une certaine quantité d'ammoniaque disparaît, et la dissolution devient acide. Pour remédier à cet inconvénient, on est obligé d'ajouter une nouvelle quantité d'eau ammoniacale avant que la liqueur devienne sirupeuse.

Parmi les appareils exposés par M. Chevalet, se trouve un scrubber qui pourrait être utilisé à la préparation de dissolutions d'azotate d'ammoniaque, dans les établissements qui fabriquent des composés nitrés.

Dans un cylindre creux en tôle, en fonte ou en grès, on dispose des cuvettes espacées les unes des autres d'environ 20^{cm}. Ces cuvettes sont munies d'un grand nombre de cheminées ayant une hauteur légèrement inférieure à celle des bords de la cuvette. Ces plateaux, montés horizontalement, se supportent les uns les autres, et, dans chacun d'eux, on place du coke ou de la pierre ponce lorsque les gaz sont acides.

A la partie supérieure du scrubber se trouve un siphon muni d'un entonnoir, au-dessus duquel coule l'eau de lavage. Pour nettoyer l'appareil et retirer toutes les cuvettes, une tige en fer passe dans une cheminée centrale; elle porte à la partie inférieure une plaque d'arrêt et est terminée à sa partie supérieure par un anneau.

En envoyant dans une semblable tour les vapeurs acides qui se dégagent pendant la préparation des composés organiques nitrés, et en faisant couler par le siphon supérieur des eaux ammoniacales, on obtiendrait une dissolution d'azotate d'ammoniaque.

Cette opération aurait l'avantage de supprimer la production d'acide nitrique très faible obtenu actuellement en très grande quantité, et permettrait de produire des solutions de nitrate d'ammoniaque. Afin d'éviter la formation de nitrite d'ammoniaque, on pourrait envoyer en même temps dans la colonne et dans le sens des vapeurs nitreuses, un volume d'air suffisant.

M. Chevalet nous a signalé également, comme procédé de préparation de ce sel, la décomposition, par un courant d'acide carbonique, d'une dissolution d'azotate de soude dans de l'eau ammoniacale.

Nitrobenzine et binitrobenzine. — Les éthers nitriques d'alcools polyatomiques, comme la nitroglycérine et le coton-poudre, sont introduits depuis longtemps dans les composés explosifs; mais le nombre de ces corps étant restreint, on a essayé de faire usage de carbures nitrés.

La benzine était indiquée par sa constitution même pour les premières recherches faites dans cette voie; aussi la trouve-t-on sous la forme du dérivé binitré dans les explosifs, tels que la bellite et la roburite.

Pour obtenir la binitrobenzine, on fait une double nitrification,

d'après M. Dreyfus, directeur de The Clayton aniline de Manchester, qui avait exposé de très beaux cristaux de carbures nitrés.

Dans la préparation de la nitrobenzine, qui constitue la première opération, on emploie, pour 100^{kg} de benzine cristallisable, 300^{kg} d'un mélange par parties égales d'acide nitrique à 40° et d'acide sulfurique à 66° (94 pour 100 de monohydrate). L'opération, faite sur 300^{kg} de matière à nitrifier, dure environ douze heures; la nitrobenzine produite est simplement séparée du bain acide, sans lavage ni rectification, et c'est sous cet état qu'elle subit le second traitement; mais il est nécessaire de s'assurer qu'elle ne contient plus de benzine non nitrée, dont la proportion peut s'élever dans certains cas à 5 pour 100.

Dans le nouveau mélange acide employé, l'acide nitrique marque 48° Baumé; la nitrobenzine est versée dans l'acide, et l'on maintient pendant douze heures la température de la masse à 50°. Le produit solide obtenu est lavé, puis fondu; ces deux opérations sont continuées jusqu'à ce que le point de fusion atteigne 83°; le produit alors n'est plus acide et ne contient plus de nitrobenzine.

Ce dérivé nitré peut être employé à l'état fondu sans inconvénient; mais il n'en est plus de même si on le manie sec et pulvérisé. La binitrobenzine, et surtout son mélange avec la nitrobenzine retenue dans la masse au moment de la cristallisation du premier produit, sont des poisons violents.

Nitrotoluène et binitrotoluène. — Le nitrotoluène est préparé, par la fabrique d'aniline de Clayton, en suivant les mêmes errements que pour la nitrobenzine. Le poids du mélange acide employé est réduit à 260^{kg} pour 100^{kg} de toluène pur.

Cette première nitrification donne trois nitrotoluènes différents, dont deux sont liquides et un solide; on élimine le dernier produit, qui se prête difficilement à une seconde nitrification, et l'on opère seulement sur les nitrotoluènes liquides. Après lavage et fusion, on obtient un produit débarrassé des carbures nitrés liquides, non acide, dont le point de fusion est de 65°.

Phénol synthétique. — Depuis longtemps, l'acide picrique est connu comme un explosif puissant; des divers modes de préparation de ce corps, le seul qui ait été, jusqu'à présent, considéré

comme industriel, a pour point de départ le phénol, que l'on nitrifie, bien que, d'après M. Dreyfus, on puisse obtenir cet acide en faisant agir à chaud le prussiate rouge sur la trinitrobenzine préparée à froid en traitant la binitrobenzine par un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique.

Le phénol commercial provient en général des huiles lourdes de goudron de houille; mais il existe pourtant un établissement, celui de MM. Gilliard, Monnet et Cartier, qui prépare synthétiquement ce produit.

Diverses synthèses ont été indiquées; celle qui paraît donner les meilleurs résultats industriels consiste à soumettre à l'action de la soude l'acide sulfoconjugué de la benzine.

Quelle que soit la méthode admise par MM. Gilliard, Monnet et Cartier, les installations qu'ils ont réalisées maintenant leur permettent de fabriquer mensuellement une quantité de 5000^{kg} de phénol pur, ayant 40°-41° comme point de fusion, au prix de 3^{fr},50 le kilogramme, lorsque la benzine cristallisable vaut 130^{fr} les 100^{kg}. La valeur de ce produit, obtenu par voie de synthèse, est sensiblement équivalente, à pureté égale, à celle du même corps tiré du goudron de houille.

Paraffine. — Lorsque les substances chimiques dont le mélange constitue un explosif sont hygrométriques, il est nécessaire de recouvrir les enveloppes qui les renferment d'un enduit protecteur; on fait généralement usage de paraffine.

Les échantillons des carbures exposés par MM. Deutsch proviennent des huiles lourdes de pétrole d'Amérique. Après une première distillation des pétroles bruts, éliminant les huiles légères, une seconde opération permet de distiller les huiles lourdes avec lesquelles passe la paraffine. Un refroidissement énergique sépare des carbures liquides les carbures solides, qui constituent la paraffine. La masse est turbinée, puis comprimée énergiquement, et le produit commercial ainsi obtenu, qui porte le nom de *paraffine brute,* présente une coloration brune due à la présence des carbures liquides non éliminés. Ce premier produit est soumis à deux opérations de raffinage, qui permettent d'obtenir la paraffine demi-raffinée et la paraffine extra-blanche.

Dans cette dernière qualité, recherchée pour la fabrication des

bougies, la paraffine est cristallisée; mais les cristaux très petits, semblables à ceux du sucre raffiné, ne rappellent nullement les écailles blondes que l'on voit flotter quelquefois dans le pétrole brut.

La paraffine commerciale présente des points de fusion différents suivant le degré de raffinage. Le produit brut fond vers 53°; la température de fusion est comprise entre 54° et 55° avec la paraffine demi-raffinée, et enfin, avec la première qualité extra-blanche, on obtient 57° à 58°.

Le prix de cette matière n'est pas très élevé (en moyenne 120^{fr} les 100^{kg}); aussi est-elle rarement fraudée. Le seul produit qu'on peut introduire dans la paraffine est l'acide stéarique, que l'on reconnaît facilement en traitant par l'alcool, qui dissout seulement l'acide.

---

§ II.

POUDRES ET EXPLOSIFS.

Bien que la fabrication des poudres soit libre à l'étranger, deux poudreries seulement avaient exposé leurs produits, la fabrique de poudres de Santa-Barbara (Espagne) et la poudrerie royale de Wetteren (Belgique).

I. — Fabrique de poudres de Santa-Barbara.

La fabrique de Santa-Barbara, créée en 1880, livre à la fois des poudres de guerre et de chasse, des poudres de mine ordinaires ou comprimées, de la dynamite et deux explosifs différents, l'un et l'autre à base d'azotate d'ammoniaque.

Des échantillons des divers produits préparés par cette usine figuraient à l'Exposition; l'aspect était satisfaisant, sauf pour les poudres prismatiques brunes, dont les grains présentaient de profondes fissures et des bavures nombreuses sur les arêtes.

Cette fabrique, qui paraît s'être plus spécialement attachée à la préparation des poudres pour l'artillerie de marine espagnole, exposait 3 types de poudre prismatique brune, adoptés actuellement pour l'armement des canons du système Hontoria. L'une, désignée par la marque PP_1, est tirée dans les canons de 12^{cm} à 16^{cm}.

Dans le canon de 12^{cm}, à la charge de 13^{kg}, elle imprime au projectile de 24^{kg} une vitesse initiale de 664^{m}, 5, avec une pression de 2000^{kg}. Dans le 16^{cm}, dont le projectile pèse 60^{kg}, la vitesse initiale est réduite à 625^{m}, avec 2400^{kg} de pression pour une charge de 30^{kg}. On avait trouvé sensiblement ces résultats avec les poudres françaises PBS, au moment des tirs de recette des canons système Hontoria, construits par la Société des forges et chantiers de la Méditerranée.

Les poudres noires livrées par l'usine de Santa-Barbara servent à l'armement de canons d'un calibre plus petit; l'une d'elles, employée dans le canon de 7^{cm}, modèle 1879, est tirée à la charge de 450^{gr}; elle donne, avec un projectile de $3^{kg},700$, une vitesse de 340^{m}, avec une pression de 1400^{kg}. Cette poudre, dont le grain est de $2^{mm},5$, possède une densité de 1,845; elle est également employée au chargement des projectiles creux.

La poudre pour le fusil réglementaire espagnol (modèle 1871) possède une densité gravimétrique de 0,935; tirée à la charge de $4^{gr},75$, elle imprime à la balle de 25^{gr} une vitesse de 456^{m} avec une pression de 1450^{kg}.

A côté des échantillons de ces diverses poudres figuraient les cartouches de dynamite et des explosifs n^{os} 1 et 2; les dimensions de ces cartouches sont les mêmes que celles généralement admises en France; l'enveloppe en papier est aussi paraffinée lorsque l'explosif est à base d'azotate d'ammoniaque.

II. — Poudrerie royale de Wetteren.

La poudrerie royale de Wetteren avait réuni une collection des grains des diverses poudres noires qu'elle fabrique pour l'industrie des mines, les armes de guerre et de chasse, ainsi que des échantillons des matières premières et, en particulier, des bois carbonisés employés dans la fabrication des différents produits.

Ces poudres, d'un bel aspect, sont toutes connues en France, car aucun type nouveau n'a été créé par l'usine de Wetteren; le mode de fabrication est très voisin de celui qui est adopté par les poudreries nationales françaises, sauf pour la préparation du charbon qui entre dans la composition des poudres de chasse.

La carbonisation du bois est obtenue dans de véritables torréfacteurs; le bois, coupé à 15 ou 20^{cm} de longueur, est refendu si

son diamètre dépasse 15^{mm}. Il est versé dans le tambour, dont la vitesse de rotation est déterminée de manière à obtenir, à la sortie de l'appareil, un produit suffisamment carbonisé. Ce procédé donne, paraît-il, d'excellents résultats, et fournit un charbon très homogène.

Poudre Schultze. — La poudrerie de Wetteren fabrique également de la poudre Schultze, mais en substituant le coton-poudre au bois nitrifié précédemment employé.

La grande friabilité des grains de cette poudre rendait sa conservation difficile; on est parvenu à augmenter leur dureté en effectuant l'opération du lissage en présence d'une certaine quantité d'un mélange d'alcool et d'éther ajouté dans la tonne. Il se produit à la surface du grain une sorte de pellicule résistante qui assure beaucoup mieux sa conservation.

Poudre sans fumée. — Enfin cet établissement s'est occupé de la fabrication d'une poudre pour le fusil de 8^{mm}. On l'obtient en faisant dissoudre du coton-poudre dans de l'éther acétique; la pâte produite est grenée sur la demande du gouvernement belge. Cette poudre donne, dans le fusil belge, une vitesse initiale de 600^{m}, avec une pression ne dépassant pas 2400^{atm}.

Des essais en vue de l'emploi d'une semblable poudre dans les bouches à feu ont été exécutés avec un canon de 57^{mm}; mais alors la poudre est mise sous la forme d'une feuille qu'on enroule sur elle-même, de manière à former un cylindre avec canal central; la charge est constituée par 2 ou 3 cylindres placés dans la gargousse les uns au bout des autres.

Les résultats obtenus n'ont pas été communiqués.

III. — Tonite.

La Société Cooppal et C^ie^ fabrique, dans son usine de Wetteren, un explosif dénommé *tonite*. C'est un mélange de coton-poudre, d'azotate de baryte et d'azotate de potasse. Les composants sont triturés sous les meules pour obtenir un mélange homogène; on comprime ensuite très fortement la matière humide sous forme de cartouches, et on la porte au séchoir. Afin de préserver l'explosif de l'humidité, il est enveloppé d'une feuille de papier paraffiné.

La tonite est actuellement adoptée par le génie belge; on lui attribue une grande sécurité et une force légèrement supérieure à celle de la dynamite sous un fort bourrage. Il est probable que la composition, qui n'a pas été communiquée, comprend pour 60 parties de coton-poudre octonitrique, 30 parties d'azotate de baryte et 6 parties de salpêtre. Avec ce dosage, l'équation de décomposition peut être représentée par

$$2\,C^{24}H^{32}Az^{8}O^{36} + 4\,Az^{2}O^{6}Ba + Az^{2}O^{6}K^{2} = 4\,BaO + K^{2}O + 17\,CO^{2} + 31\,CO + 32\,H^{2}O + 13\,Az^{2}.$$

En admettant que le carbonate de baryte, formé au moment de l'explosion, soit complètement dissocié, et qu'il se produise à la fois de la baryte et de la potasse anhydres, la relation ci-dessus donne comme résultats probables les chiffres suivants :

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
3,262	2448,6	750,6	2694	7144	0,636

Cet explosif paraît donc inférieur à la dynamite à 75 pour 100, dont la force est égale à 8490, avec une température de détonation de 2940°.

Sous le même nom, *The cotton powder Company limited* fabrique un explosif qu'elle livre sous forme de cartouches, et qui constitue la charge de rupture des signaux de détresse pour navires qu'elle avait exposés. La composition de la tonite anglaise diffère de celle de Wetteren; elle contient parties égales de coton-poudre soluble et d'azotate de baryte.

L'équation de décomposition de cet explosif peut être représentée par

$$C^{24}H^{32}Az^{8}O^{36} + 4\,Az^{2}O^{6}Ba = 4\,BaO + 16\,H^{2}O + 16\,CO^{2} + 8\,CO + 8\,Az^{2},$$

qui correspond à 51 parties de coton-poudre pour 49 parties d'azotate.

En admettant, comme précédemment, que le carbonate de baryte est dissocié, on obtient :

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
2,052	1617,9	788,4	2554	5585	0,522

La tonite anglaise est donc sensiblement plus faible que l'explosif similaire fabriqué en Belgique; sa force est d'environ les $\frac{2}{3}$ de celle de la dynamite n° 1, tandis que, pour la tonite de Wetteren, ce rapport s'élève à $\frac{84}{100}$.

IV. — Dynamites.

Lors de l'Exposition de 1878, on connaissait déjà la dynamite à la guhr, la dynamite à base active et la dynamite-gomme. Depuis cette époque, les dosages des diverses dynamites ont peu varié, mais le mode de préparation de la nitroglycérine a été transformé; aux méthodes précédemment suivies, a succédé le procédé dit *rapide* qui permet, avec un seul appareil, de préparer journellement 1200^{kg} de nitroglycérine.

Deux exposants seulement avaient réuni les produits de leur fabrication : l'un, la Société générale pour la fabrication des dynamites qui, pendant de longues années, était le seul producteur en France; l'autre, la Société française des explosifs, récemment créée.

Les produits de la Société générale des dynamites sont connus; pourtant il est nécessaire de signaler deux types nouveaux qui ont été livrés aux mines d'Anzin sur la demande de la Compagnie houillère, à la suite des expériences de la Commission des substances explosives sur l'emploi des explosifs en présence du grisou. Ces deux nouvelles dynamites ont été désignées sous le nom de *grisoutine :* la grisoutine M est un mélange de 80 parties d'azotate d'ammoniaque et 20 parties de dynamite à la guhr à 75 pour 100 de nitroglycérine; la grisoutine B est une dynamite-gomme contenant 88 parties d'azotate d'ammoniaque pour 12 parties de nitrogélatine contenant 2 pour 100 de coton octonitrique pour 98 pour 100 de nitroglycérine. Ces deux explosifs renferment un excès d'oxygène; il y a donc combustion complète au moment de la décomposition, et les équations de réaction peuvent

s'écrire :

$$\text{Grisoutine M....} \begin{cases} C^3 H^5 Az^3 O^9 + 15 Az^2 H^4 O^2 \\ = 3CO^2 + 32,5 H^2 O + 8,25 O^2 + 16,5 Az^2 \end{cases}$$

$$\text{Grisoutine B....} \begin{cases} 217,5 C^3 H^5 Az^3 O^9 + C^{24} H^{32} Az^8 O^{36} + 4620 Az^2 H^4 O^2 \\ = 676,5 CO^2 + 9800 H^2 O + 4700,5 O + 4950,25 Az^2 \end{cases}$$

En faisant le calcul pour ces deux explosifs, on trouve les résultats suivants, qui sont rapprochés de ceux que donne la dynamite à 75 pour 100 de nitroglycérine :

EXPLOSIFS.	ϖ.	ϖ'.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
Dynamite à 75 pour 100.	454	605	671,2	1109	2940	8490	0,71
Grisoutine M.....	1427	»	789,5	525,6	1468	6208	0,942
Grisoutine B.....	419,98	»	216465,5	515,4	1493	6460	0,944

La température de détonation de ces explosifs est inférieure à celle qui est admise comme limite supérieure par la Commission des substances explosives; mais l'abaissement de la température a pour conséquence une diminution de la force qui ne permet plus de faire usage de ces dynamites dans le travail au rocher. Aussi la Société générale a-t-elle également préparé une dynamite à température de décomposition plus élevée, mais d'une force se rapprochant plus de celle de la dynamite ordinaire; cet explosif est formé de 70 parties d'azotate d'ammoniaque et de 30 parties d'une nitrogélatine contenant 2 pour 100 de coton octonitrique et 98 pour 100 de nitroglycérine.

L'équation de décomposition de cet explosif est représentée par

$$435 C^3 H^5 Az^3 O^9 + 2 C^{24} H^{32} Az^8 O^{36} + 2940 Az^2 H^4 O^2 = 1353 CO^2 + 6999,5 H^2 O + 3600,5 Az^2 + 1550,7 O^2,$$

ce qui donne :

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α
335,961	237,445	706,6	1815	7088	0,897

Ces explosifs jouissent des mêmes propriétés que les dynamites ordinaires qui se trouvaient précédemment dans le commerce; elles sont sensibles à l'amorce, et l'on n'a pas à craindre avec ces substances, comme en général avec toutes les dynamites qui contiennent une quantité suffisante de nitroglycérine, un arrêt dans la transmission de la détonation; mais les inconvénients inhérents à ces matières subsistent également, et il est même possible qu'en présence d'un corps très hygrométrique comme l'azotate d'ammoniaque entrant en forte proportion dans la composition, les conditions de conservation soient modifiées et qu'une dynamite contenant ce sel ne puisse plus être conservée pendant un an sans crainte de détérioration ou d'exsudation.

La Société française des explosifs avait exposé la série complète des substances qu'elle livre à l'industrie; sans parler des dynamites ordinaires, dont les dosages sont à peu près les mêmes que ceux qui ont été admis jusqu'à présent, on peut citer la dynamite-gomme jaune contenant 8 parties de coton octonitrique pour 92 parties de nitroglycérine, et la dynamite-gomme blanche dans la composition de laquelle on fait entrer une certaine proportion d'azotate de soude. Les équations de décomposition de ces deux explosifs sont :

Gomme jaune....
$$C^{24}H^{32}Az^8O^{36} + 51\,C^3H^5Az^3O^9 = 174{,}5\,CO^2 + 2{,}5\,CO + 143{,}5\,H^2O + 80{,}5\,Az^2$$

Gomme blanche..
$$73{,}5\,C^3H^5Az^3O^9 + C^{24}H^{32}Az^8O^{36} + 28{,}5\,AzO^3Na = 28{,}5\,NaO + 244{,}5\,CO^2 + 199{,}75\,H^2O + 33{,}8\,O^2 + 128{,}5\,Az^2$$

d'où l'on déduit :

DYNAMITES.	ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
Gomme jaune...	12585	18325,7	1456,2	3090	9050	0,71
Gomme blanche.	20115	25355	1260,5	2959	8692	0,71

A côté de ces substances très fortes qui trouvent leur emploi dans un grand nombre de travaux, la Société française des explosifs a essayé de préparer une dynamite à température de décomposition plus basse, utilisable dans les mines grisouteuses. Cet

explosif est formé exclusivement de nitroglycérine et d'azotate d'ammoniaque jouant le rôle d'absorbant; mais, dans les essais de conservation faits par la Société elle-même, on s'est aperçu que l'humidité absorbée par l'azotate éliminait la nitroglycérine et que ce liquide exsudait. Malgré ce grave défaut, qui ne permet pas d'introduire cet explosif dans la pratique, ce mélange présente un certain intérêt; car, dans sa composition, on a supprimé et la silice qui absorbe, au moment de la détonation, une certaine quantité de chaleur qui est perdue au point de vue du travail à produire, et la cellulose nitrée qui ne contient pas l'oxygène nécessaire à sa combustion complète, et dont la présence exige l'emploi d'une proportion plus considérable d'azotate. L'équation de décomposition de cet explosif, formé de 25 parties de nitroglycérine pour 75 parties d'azotate d'ammoniaque, est

$$2\,C^3H^5Az^3O^9 + 17\,Az^2H^4O^3 = 6\,CO^2 + 39\,H^2O + 9\,O^2 + 20\,Az^2,$$

ce qui donne :

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
1,804	1183,4	652,4	1708	7169	0,91

Cet explosif, dont la température de détonation est inférieure à 1800°, possède une force qui se rapproche plus de celle de la dynamite n° 1 que les grisoutines de la Société générale des dynamites.

V. — Explosifs Favier.

M. Favier admet que, dans la détonation des explosifs nitrés, il existe deux phases : dans la première, une énergie extérieure produit la dissociation de tous les éléments, qui obéissent, pendant la seconde, à leurs affinités les plus intenses, en constituant de nouveaux arrangements et dégageant des quantités de chaleur considérables. Il résulte de cette théorie que, le groupement primitif des atomes devant être tout d'abord détruit, on peut trouver des substances qui, étant stables dans les conditions ordinaires, devront néanmoins détoner si l'on produit un ébranlement moléculaire initial suffisamment important.

M. Favier a constaté que les substances qui cèdent facilement leur oxygène, mêlées en proportions convenables avec des hydrures de carbone naturels ou nitrés, font explosion dans ces conditions ; cet inventeur s'est arrêté aux compositions suivantes :

		Parties.
I.	Nitrate d'ammoniaque	94
	Naphtaline	6
II.	Nitrate d'ammoniaque	90
	Mononitronaphtaline	10
III.	Nitrate d'ammoniaque	87,5
	Binitronaphtaline	12,5
IV.	Nitrate de soude	89
	Naphtaline	11
V.	Nitrate de soude	72
	Binitrobenzine	28

qui, toutes, comprennent des nitrates dont les propriétés hygroscopiques sont bien connues.

La découverte de M. Favier se trouve limitée à la détonation des mélanges d'azotate d'ammoniaque ou de soude avec un carbure ordinaire ou nitré, car la Commission des substances explosives avait constaté antérieurement que l'addition d'azotate d'ammoniaque au coton-poudre, dans une proportion telle que le mélange contienne 60 pour 100 de nitrate, n'altérait pas les propriétés explosives du coton-poudre, et que la sensibilité et la force de ce nouvel explosif étaient comparables à celles du pyroxyle lui-même.

L'emploi de corps hygrométriques avait été, jusqu'à présent, rejeté des compositions explosives, à cause de l'impossibilité de conserver de telles substances ; M. Favier a résolu la difficulté en enrobant avec le carbure fondu toutes les particules du nitrate employé et en soumettant la masse à une forte compression. La fabrication de ces explosifs comprend donc les trois opérations suivantes : enrobage du nitrate sec par le carbure, grenage, compression.

Avant d'effectuer le mélange des deux substances, il est nécessaire de sécher le nitrate ; à cet effet, on le verse dans une trémie qui alimente un long conduit dans lequel se meuvent deux vis d'Archimède. Ce conduit, maintenu dans un caniveau en maçon-

nerie, est chauffé à l'aide de tuyaux à ailettes, placés au-dessous de lui, et dans lesquels circule un courant de vapeur. La matière est entraînée par le mouvement de la vis, dont la vitesse de rotation est déterminée de manière à maintenir dans le séchoir chaque particule de matière un temps suffisamment long (2 heures) pour que la dessiccation soit complète.

Le nitrate sec est jeté sur la piste d'un broyeur à table tournante qui sera décrit dans le chapitre suivant. Cet appareil est muni d'un faisceau de tubes placés au-dessous de la table, dans lesquels circule un courant de vapeur, afin d'empêcher le nitrate de reprendre de l'humidité pendant son malaxage avec le carbure.

Lorsque le sel est étendu sur la piste, on met l'appareil en mouvement et l'on arrose la matière avec le carbure fondu ; le malaxage des deux substances dure environ 2 heures ; il se forme sous le galet lisse une galette constamment réduite par le cylindre cannelé ; la matière ainsi obtenue, qui ne présente aucune homogénéité, est passée dans un grenoir à 2 cylindres, et les grains de différentes grosseurs sont séparés à l'aide de 3 tamis inclinés superposés. Les grains les plus fins sont utilisés pour le chargement du détonateur, tandis que les autres sont comprimés pour former les cartouches.

Elles sont obtenues à l'aide d'une compression exercée sur une seule face : le moule ayant reçu automatiquement la quantité de matière à comprimer, un premier mandrin qui porte en saillie le poinçon qui doit réserver le logement du détonateur pulvérulent comprime la matière par le haut. A ce moment, le fond mobile du moule est fermé ; dès que la compression est terminée, la plaque contre laquelle reposait la matière se retire, et un second mandrin agissant à son tour démoule la cartouche.

Cette presse a l'inconvénient d'opérer par simple compression ; l'homogénéité des cartouches obtenues laisse à désirer ; aussi a-t-on étudié un appareil à double compression, dans lequel les pistons compresseurs sont actionnés par 2 bielles qui agissent en même temps et en sens contraire. Le moule est en outre entouré d'une double enveloppe dans laquelle circule un courant de vapeur.

L'action combinée de la chaleur et de la pression doit faciliter la compression ; mais, l'opération étant faite très rapidement, il est

probable que la matière n'aura pas le temps de se mettre en équilibre de température avec le moule dans lequel elle subira la compression.

Les cartouches obtenues sont immédiatement paraffinées, puis reçoivent le détonateur pulvérulent ; enfin on les recouvre d'une enveloppe en papier et l'on effectue un second paraffinage.

La Société belge des explosifs Favier fabrique tous les mélanges indiqués ci-dessus, mais plus particulièrement celui qui contient de la binitronaphtaline ; elle emploie même exclusivement cette dernière composition comme matière pulvérulente pour le chargement des détonateurs. Sa production mensuelle est actuellement d'environ 1500^{kg}.

Les propriétés de ces explosifs sont indiquées dans l'étude n° 59 de la Commission des substances explosives, qui comprend non seulement les travaux mêmes de la Commission, mais aussi les notes remises par l'inventeur ; cette étude se rapporte au premier type de cartouche présenté par M. Favier, dont la composition diffère sensiblement de celle qu'il a adoptée ensuite, et qui a été essayée par la Sous-Commission du grisou (étude n° 66 de la Commission des substances explosives).

Les dosages actuellement admis par la Société générale des explosifs Favier ne rentrant pas dans ces deux types, il y a lieu d'indiquer les modes probables de décomposition de ces explosifs et les résultats théoriques que leur composition permet de calculer.

1° *Mélange de* 94 *parties d'azotate d'ammoniaque et* 6 *parties de naphtaline.*

Ce mélange a été employé par la Commission des substances explosives lors de l'étude de l'emploi des explosifs en présence du grisou, avant que M. Favier ait adopté cette composition.

Les résultats ci-dessous ne sont pas absolument ceux qui ont été indiqués par la Commission (voir le rapport n° 60), car on a admis pour la chaleur de formation de la naphtaline, au lieu de $-26^{c},7$, le chiffre de $-25^{c},6$ trouvé plus récemment par M. Berthelot (*Ann. Chim. Phys.*, mars 1888).

Le mode de décomposition peut être représenté par l'équation

$$C^{10}H^{8} + 24\,Az^{2}H^{4}O^{3} = 10\,CO^{2} + 52\,H^{2}O + 24\,Az^{2},$$

ce qui donne :

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
2,048	1928,8	941,8	2075	8327	0,937

2° *Mélange de* 90 *parties d'azotate d'ammoniaque et* 10 *parties de mononitronaphtaline.*

D'après ce dosage, la quantité d'oxygène est insuffisante pour la combustion complète; on peut admettre que le mode de décomposition est représenté par

$$19{,}5\,Az^2H^4O^3 + C^{10}H^7AzO^2 = 8\,CO^2 + 2\,CO + 42{,}5\,H^2O + 20\,Az^2.$$

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
1,688	1618,7	959,6	2180	8898	0,958

M. Favier avait d'abord formé son mélange en ajoutant 10 parties de mononitronaphtaline à 100 parties d'azotate d'ammoniaque; c'est avec ce dosage, qui correspond à la combustion complète, que l'explosif a été étudié comparativement à la mélinite en vue de son emploi pour le chargement des projectiles.

Les résultats obtenus sont relatés dans un rapport de la poudrerie de Sevran-Livry, en date du 28 février 1888.

3° *Mélange de* 12,5 *parties de binitronaphtaline et* 87,5 *parties d'azotate d'ammoniaque.*

La quantité d'oxygène correspond à la combustion complète; l'équation de réaction est

$$19\,Az^2H^4O^3 + C^{10}H^6Az^2O^4 = 10\,CO^2 + 41\,H^2O + 20\,Az^2.$$

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
1,738	1701,8	979,2	2163	8405	0,912

Pour obtenir ces résultats, on a calculé la chaleur de formation

de la binitronaphtaline, en admettant que la chaleur dégagée lors de l'action de 2 équivalents d'acide nitrique sur 1 équivalent de naphtaline était double de celle que l'on obtient en faisant agir un seul équivalent d'acide ; cette hypothèse paraît exacte pour les carbures nitrés.

4° *Mélange de* 89 *parties d'azotate de soude et* 11 *parties de naphtaline.*

L'azotate de soude se décomposant par la chaleur d'abord en azotite, puis en oxyde de sodium, on admet que l'équation de réaction est

$$C^{10}H^8 + 12\,AzO^3Na = 10\,CO^2 + 4\,H^2O + 12\,NaO + 6\,Az^2.$$

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
1,148	483,2	420,9	1470	2565	0,388

5° *Mélange de* 72 *parties d'azotate de soude et* 28 *parties de binitrobenzine.*

$$C^6H^4Az^2O^4 + 5\,AzO^3Na = 6\,CO^2 + 2\,H^2O + 5\,NaO + 2{,}5\,Az^2.$$

ϖ.	Q.	Q_1.	t.	f.	α.
0,593	370,9	625,5	2060	3489	0,395

Ces deux derniers explosifs sont sensiblement moins puissants que les trois précédents ; cet abaissement de la force est dû à la substitution de l'azotate de soude au nitrate d'ammoniaque ; on sait, en effet, que les poudres à base d'azotate de soude, contenant 63 pour 100 de ce sel, donnent en vase clos à la densité de chargement de 0,4 une pression de 800^{kg} par centimètre carré, alors qu'on a obtenu avec l'azotate d'ammoniaque seul une pression de 2319^{kg} à la densité de chargement de 0,3.

Pour montrer la puissance des explosifs à l'azotate d'ammoniaque, la Société belge des explosifs Favier avait exposé deux blocs dans lesquels on avait foré des trous de 15^{cc} ; en faisant dé-

toner des charges égales de dynamite n° 1 et d'un mélange d'azotate d'ammoniaque et de mononitronaphtaline, on a obtenu respectivement des cavités de 728^{cc} et 978^{cc}; mais il faut bien remarquer que cet effet ne se produit qu'à la condition d'opérer avec l'explosif Favier sous un très fort bourrage.

Les cartouches Favier ne détonent pas à l'air libre : elles doivent donc être pourvues d'un détonateur intermédiaire en matière pulvérulente, assez sensible pour assurer toujours la détonation complète d'une charge, et d'autant mieux que la forme même de la cartouche avec culot comprimé pourraît être un arrêt à la transmission de la détonation. Mais, si ces difficultés sont résolues, l'innocuité relative d'une substance qui ne détone que sous l'influence d'une amorce et sous bourrage présente des avantages pour les travaux des mines qu'aucun autre explosif ne possède jusqu'à présent.

VI. — Cotons azotiques.

Le coton-poudre de guerre n'est pas utilisé dans l'industrie, mais le coton-poudre soluble l'est au contraire dans diverses fabrications, parmi lesquelles on peut citer la soie artificielle, invention toute récente, et le celluloïd.

A. — PYROXYLE SOLUBLE POUR LA FABRICATION DE LA SOIE ARTIFICIELLE.

Le problème de l'imitation de la soie a été résolu très heureusement par M. le comte de Chardonnet, ancien élève de l'École polytechnique, qui a exposé, dans la classe 51, le matériel qu'il emploie pour cette fabrication.

La cellulose paraissait indiquée pour cette préparation, mais on ne lui connaît pas de dissolvant; la difficulté fut tournée par M. de Chardonnet en nitrifiant le coton; le pyroxyle obtenu est alors transformé en collodion qui se prête au filage; cette opération terminée, on enlève au produit tout ou partie de son acide nitrique, et l'on obtient ainsi des fils ne possédant plus aucune propriété explosive, qui peuvent servir sans danger à la plupart des applications.

Le procédé comprend différentes opérations: préparation du pyroxyle soluble, formation du collodion, étirage, qui présentent un haut intérêt pour le service des poudres et salpêtres. Cet inté-

rêt est d'autant plus grand que M. de Chardonnet a découvert une méthode scientifique qui lui permet de suivre les phases de la préparation du pyroxyle et d'agir sur la marche de la nitrification de façon à obtenir dans certaines limites un produit possédant un degré de nitrification déterminé.

Avant d'aborder la description du procédé que M. de Chardonnet a bien voulu nous communiquer, nous croyons devoir signaler que le but recherché par l'inventeur est la production du coton-poudre soluble et que les règles qui paraissent ressortir d'une longue pratique s'appliquent exclusivement à ce pyroxyle.

Préparation du pyroxyle soluble. — Au lieu d'employer, comme dans la préparation du coton-poudre de guerre, de l'acide nitrique concentré, on fait usage d'un acide de moyenne concentration ayant une densité variant de 1,35 à 1,42.

L'acide sulfurique, au contraire, doit marquer 66° à l'aréomètre Baumé; sa densité est, par suite, au moins égale à 1,83; il doit être dépourvu de chlore autant que possible, la présence de ce corps pouvant détruire la fibre, ce qui occasionne des ruptures au moment de l'étirage; cependant les acides ordinaires du commerce peuvent servir. Le coton est en ouate (1); ce sont des déchets de filature, ne renfermant pas sensiblement de matières grasses.

Si la température de nitrification est trop élevée, la cellulose est attaquée, d'où diminution de rendement provenant de la formation d'une certaine quantité de dextrine; si elle est plus basse, la solubilité dans le mélange d'éther et d'alcool diminue sensiblement; il y a donc intérêt à se maintenir entre certaines limites, puisque l'on cherche à produire une cellulose nitrée entièrement soluble.

Le coton est employé à l'état sec; on le dispose en couches minces, dans une étuve à 90° environ; la dessiccation est complète au bout de 4 heures, mais on le laisse en général pendant 6 heures. Cette dessiccation peut être obtenue à froid dans le vide; la durée de l'opération est alors de 48 heures.

L'ouate séchée et encore chaude est introduite dans le mélange acide en plusieurs fois, en prenant la précaution, au moment où l'on plonge le coton (100^{gr} environ à la fois), de l'étaler et le diviser dans

(1) Déchets de coton non filés.

la masse liquide, afin d'amener le plus rapidement possible chacune des fibres au contact des acides, précaution que l'on prend d'ailleurs dans la fabrication du coton-poudre au moment du trempage dans les auges.

La charge est laissée dans les pots pendant 15 à 18 heures; au début, le coton est remué, puis les pots sont couverts avec une plaque de verre.

Au bout de peu de temps, la température s'abaisse lentement.

Cet abaissement est d'ailleurs un signe de la bonne marche de la nitrification, car toute élévation de température altérerait le produit final et diminuerait la solubilité dans le mélange d'alcool et d'éther; elle serait l'indice soit d'un séchage incomplet, soit de la présence de matières étrangères.

La durée de la réaction en pots paraît pouvoir être diminuée sensiblement; on a trouvé qu'au bout de 6 heures on avait à peu près le même degré de nitrification, mais ce point n'est pas élucidé complètement.

La réaction terminée, le contenu de chaque pot est jeté sur une grille, ce qui permet d'effectuer un égouttage après lequel le coton conserve un poids d'acides qu'on peut évaluer à 600 pour 100 (1).

Le pyroxyle est ensuite plongé dans une grande masse d'eau, en prenant les mêmes précautions que pour le trempage, de façon à éviter toute élévation de température qui aurait pour résultat une dénitrification partielle du produit obtenu et la formation d'une petite quantité de dextrine. (On en a d'ailleurs toujours un peu provenant du ligneux.) Le pyroxyle doit être étalé dans l'eau, en évitant toute agglomération; car, dans une même masse, les fibres intérieures, qui ne sont pas immédiatement en contact avec l'eau, ne conservent pas le même degré de nitrification que les fibres extérieures.

Après cette première immersion, les lavages sont conduits méthodiquement et répétés de 10 à 12 fois. Après chacun d'eux, la matière nitrifiée est comprimée ou essorée, de manière à extraire la plus grande partie de l'eau de lavage qu'elle conserve à sa sortie du bain. Pour ces opérations, les turbines de MM. Buffaut et

(1) En soumettant le coton, immédiatement après cette opération, à un turbinage acide, on ne conserve que 400 pour 100 d'acides.

Robatel, de Lyon, à panier submersible (¹), sont très utiles: elles permettent, sans toucher au produit, de l'essorer et le noyer à volonté. On peut améliorer le lavage en n'effectuant pas consécutivement les 10 ou 12 opérations; on interrompt la série des lavages deux ou trois fois, et l'on obtient ainsi un produit sensiblement mieux lavé; cette méthode permet de réduire à 1 ou 2 heures la durée du turbinage, tout en obtenant des produits ne marquant pas à l'épreuve de chaleur au bout de 30 minutes.

La matière est en dernier lieu blanchie à l'aide du chlorure de calcium dans la proportion de $\frac{1}{10}$; les résultats obtenus sont plus satisfaisants en opérant sur le pyroxyde, car le coton blanchi conserve des traces de chlore qui peuvent influer sur la nitrification.

Le coton nitrifié peut être conservé humide, à la condition que la température ne dépasse pas 20°; pour le sécher, on fait usage d'une étuve à courant d'air dont on règle la température à 30°, et l'on dispose le coton sur des casiers superposés par couches de 8^{cm} à 10^{cm} d'épaisseur.

L'évaporation de l'eau refroidit le pyroxyle et empêche la température de trop s'élever, car il faut éviter toute élévation de température, l'eau contenue dans le coton-poudre pouvant tiédir et altérer le pyroxyle. La dénitrification qui se produit dans ces circonstances est surtout sensible avec du coton-poudre dégageant 180^{cc} de bioxyde d'azote; le degré de nitrification peut ainsi s'abaisser et tomber à 170^{cc} et même 165^{cc}.

Pour s'assurer que le coton-poudre est sec, il suffit de l'électriser par frottement; la sensibilité de cette épreuve est telle qu'il suffit de souffler sur une touffe de coton-poudre sec et électrisable pour lui faire perdre immédiatement cette propriété.

Dans le procédé que nous venons de décrire, nous avons supposé que l'on employait exclusivement des acides neufs; en fabrication courante, les acides qui proviennent des réactions antérieures sont utilisés; on forme un mélange comprenant $\frac{2}{3}$ de vieux acides et $\frac{1}{3}$ d'acides neufs; mais, au lieu d'employer de l'acide nitrique à 1,35 de densité, on prend de l'acide à 1,40 et même à 1,42.

Si l'on dispose d'acides plus concentrés, à 1,50 de densité par

(¹) Le mouvement de la turbine devant être plus lent au moment du noyage, il est bon qu'elle porte son moteur.

exemple (48° Baumé), on peut former le mélange acide en prenant $\frac{3}{4}$ d'acides vieux et $\frac{1}{4}$ seulement d'acides neufs. La nitrification est conduite avec les mêmes précautions qu'en faisant usage d'acides neufs, mais il est nécessaire d'effectuer le trempage à une autre température. Cet emploi des vieux acides donne d'ailleurs un produit plus soluble qu'en faisant usage exclusivement d'acides neufs.

Cette utilisation des vieux acides ne permet pas de faire usage de tous ceux qui sont produits; aussi se trouve-t-on, au bout d'un certain temps, en possession d'une assez grande quantité d'acides. En les chauffant entre 100° et 200°, on peut faire distiller l'acide nitrique seul et extraire du mélange le produit dont le prix est le plus élevé. Le mélange acide, placé dans une cornue reliée au ballon de condensation par des surfaces rodées afin d'éviter les pertes, est chauffé à feu nu; l'élévation de température dissout le coton-poudre en suspension dans le liquide et, vers 100° à 110°, les matières organiques se décomposent lentement; en élevant la température, l'acide nitrique distille, d'abord très concentré, puis plus faible, et l'on peut ainsi récupérer l'acide non utilisé dans les nitrifications.

Ce procédé, réputé dangereux par certains chimistes, a été suivi plusieurs fois par M. de Chardonnet; il permet de diminuer sensiblement le prix de revient et il est d'autant plus utile qu'au bout d'un certain temps, les acides s'affaiblissent et se salissent; il est alors nécessaire de chauffer la masse pour rendre le liquide clair. Si l'on élève la température, des soubresauts se produisent, mais seulement à partir de 200°, et à ce moment le liquide ne contient plus qu'un mélange d'acide sulfurique et d'eau (1).

Formation du collodion. Étirage. Récupération. — Le mélange d'éther et d'alcool acheté directement dans le commerce contient en général de l'acétone, de l'éther acétique, de l'aldéhyde et des alcools supérieurs; aussi M. de Chardonnet préfère-t-il acheter séparément de l'éther sulfurique à 62° et de l'alcool à 92°-95°.

Dans un mélange formé de 400^{cc} d'éther et de 400^{cc} d'alcool, on a fait dissoudre 50^{gr} de pyroxyle. Cette opération, faite en petit, ne présente aucune particularité.

(1) M. Fontenille paraît avoir imaginé un appareil qui supprime les soubresauts de l'acide sulfurique quand on le distille.

Le mode d'étirage employé a été décrit dans une note à l'Institut, en date du 7 mai 1889. Les filières par lesquelles s'écoule le liquide sont placées dans une cage close, dans laquelle on fait circuler, à l'aide d'un ventilateur à hélice, un volume d'air toujours le même. Cet air, à la température ambiante, chargé des vapeurs d'éther et d'alcool, est aspiré et refoulé dans une batterie de condensation, formée par un réseau de tubes métalliques creux dans lesquels on fait circuler un courant d'eau froide. Le mélange d'éther et d'alcool est recueilli; on ne peut donc perdre par ce procédé que la quantité de vapeur nécessaire pour saturer, à la température ambiante, l'air de la cage.

B. — CELLULOÏD.

Le celluloïd est formé par un mélange de coton-poudre soluble et de camphre additionné de matières colorantes; suivant la nature du produit que l'on cherche à obtenir, la marche de la fabrication est modifiée, soit en agissant sur le trempage même du coton, soit en faisant usage de machines spéciales.

La matière première employée est le coton ou la pâte de bois, mais la fabrication avec ce dernier produit présente quelques difficultés. Le coton doit être complètement dégraissé et débarrassé de toute impureté; le dégraissage du coton obtenu par le traitement au carbonate de soude exige de nombreux lavages et un long séchage avant de pouvoir amener la matière à l'état qu'elle doit posséder pour la nitrification; on emploie, dans certaines fabriques étrangères, le dégraissage à l'alcool qui permet, tout en éliminant les matières grasses, de sécher rapidement le coton dégraissé. L'opération est faite en vase clos; l'alcool employé est ensuite distillé afin de servir à une nouvelle opération. La perte de dissolvant est faible; elle donne lieu à une dépense qui est, paraît-il, inférieure à celle du séchage du produit traité par le carbonate de soude.

Le coton employé est en général cardé, mais on préfère, à la fabrique de celluloïd située près de Leipzig, faire usage de coton filé et peu tordu; dans ces conditions, la matière première, dégraissée et sèche, revient à $2^{fr}, 25$ le kilogramme.

La nitrification du coton est effectuée dans des vases en grès plongés dans un bac rempli d'eau dont la température est constamment maintenue vers 25°. Le mélange acide préparé à l'avance est

formé de 1 partie d'acide nitrique à 40° pour 2 parties d'acide sulfurique à 66°, lorsqu'on veut obtenir des matières opaques; mais pour produire des plaques transparentes, l'acide nitrique ne doit marquer que 36°.

Les vases à réaction reçoivent une charge d'acide égale à 100 fois le poids du coton à tremper, et l'immersion de la matière n'est effectuée que lorsque le mélange acide possède la température du bain extérieur.

Le coton, au moment de son emploi, doit être sec et froid; dans certaines fabriques, on obtient la dessiccation du coton par le vide joint à une élévation de température. Il est plongé dans le mélange acide en prenant les précautions usitées dans toutes les fabrications de nitrocellulose; immédiatement après, on recouvre les vases avec des feuilles de verre et on laisse les matières en réaction pendant une heure.

Au bout de ce temps, le pyroxyle formé est comprimé à l'aide d'une presse spéciale que l'on introduit dans les vases et l'on fait écouler les acides, puis on essore le coton-poudre produit.

Le degré des acides employés à une nitrification est relevé en ajoutant de l'acide nitrique concentré et, après un certain nombre d'opérations, les vieux acides, chauffés afin de détruire les fibres de coton qu'ils contiennent en suspension, sont revendus.

Après essorage, le pyroxyle est lavé à grande eau, broyé dans un moulin pour détruire la fibre, puis de nouveau lavé dans une pile à papier, d'abord avec addition de carbonate de soude, enfin à l'eau pure. La matière ainsi obtenue, qui avait déjà perdu son aspect filamenteux dans les premiers lavages, est transformée en une pâte que l'on blanchit à l'aide d'une dissolution de permanganate de potasse ou par tout autre procédé, en ayant soin d'effectuer de nouveaux lavages jusqu'à ce qu'elle ne présente plus aucune trace d'acidité.

C'est à ce moment qu'on incorpore à la pâte les matières colorantes; l'addition est faite dans une pile à papier appelée *mélangeur*, de manière à uniformiser la teinte que l'on veut produire. Ce mélange effectué, la pâte est envoyée dans des caisses d'égouttage, puis essorée. Après cette opération, elle contient encore de 45 à 55 pour 100 d'eau; on la fait passer dans un moulin à noix pour détruire le filé qui subsisterait encore, puis on la comprime sous

forme de briquettes à l'aide d'une presse à plateau tournant; les pains obtenus ont 8^{cm} d'épaisseur pour une section de 70^{cm} sur 70^{cm}. Afin d'éliminer l'eau contenue dans la pâte, les pains, enveloppés d'un tissu de coton, sont comprimés à diverses reprises; dans les premières opérations, la pression s'élevant à 25^{kg} par centimètre carré, l'eau s'écoule à travers le tissu; mais en répétant une quinzaine de fois ces compressions, en prenant soin de changer l'enveloppe après chaque pression, l'excédent d'eau est simplement absorbé par le tissu pendant les dernières opérations.

Le pyroxyle ainsi obtenu ne contient plus que 5 à 6 pour 100 d'eau; le rendement s'élève à 150 pour 100 environ, et l'on estime que son prix de revient est de $3^{fr},75$ le kilogramme.

Les galettes de pyroxyle sont cassées en morceaux de 5^{cq} à 6^{cq} qui sont mélangés sous cette forme à un dissolvant qui est, soit de l'alcool ordinaire à 96°, soit de l'alcool méthylique. Pour 100 parties de coton-poudre, on prend 50 parties d'alcool à 96° et 30 parties de camphre; les fragments sont jetés dans le dissolvant; on agite un peu au début, puis on abandonne le tout dans des récipients hermétiquement clos pendant 24 à 48 heures.

Au bout de ce temps, la pâte présente un aspect gélatineux, mais elle renferme encore des fragments incomplètement dissous; aussi on la soumet à un laminage entre deux cylindres chauffés à 60°, afin de faciliter le contact de toutes les parties en ramollissant la matière; ce laminage est répété un nombre suffisant de fois pour obtenir une homogénéité complète.

La pâte, après le dernier passage, se présente sous la forme d'une feuille que l'on découpe aux dimensions des plateaux des presses dont on doit faire usage dans la suite de la fabrication.

Les feuilles ainsi obtenues, qui mesurent $1^{m},40$ sur $0^{m},60$, sont empilées dans une boîte montée sur une presse. Cette boîte est formée d'un fond à circulation de vapeur et de côtés également à circulation. Le sommier de la presse est installé de manière à permettre de chauffer le dessus de la caisse, et un dispositif spécial facilite l'enlèvement des gâteaux produits par la compression. La boîte étant chargée, on fait fonctionner la presse et, lorsque la pression atteint 150^{atm}, on la maintient et l'on fait circuler un courant de vapeur, de manière à porter la température à 60-65°. Sous l'influence de cette pression et de cette température,

que l'on conserve pendant 6 à 7 heures, les feuilles de celluloïd se ramollissent et se soudent entre elles de manière à ne plus former qu'un bloc unique. Au bout de ce temps, on refroidit brusquement la masse en envoyant, à la place de vapeur, un courant d'eau froide et l'on augmente légèrement la pression. Le celluloïd se solidifie et l'on peut enfin sortir de l'appareil un bloc de 15^{cm} qu'on devra débiter suivant les besoins.

Le celluloïd étant employé dans un grand nombre d'industries, le fabricant le livre sous forme de feuilles ayant des épaisseurs qui varient de $0^{mm},15$ à 30^{mm}. Ce découpage est effectué à l'aide d'une machine à trancher.

Une vis sans fin est prolongée par un arbre qui porte deux poulies folles munies chacune d'un embrayage à friction; les courroies montées sur ces poulies sont l'une droite, l'autre croisée, ce qui permet de communiquer à l'arbre, et par suite à la vis, un mouvement de rotation dans un sens ou dans l'autre. Une table guidée par le bâti horizontal est entraînée par le mouvement de la vis; elle passe ainsi au-dessous d'une lame fixée à un bâti vertical et dont la position peut être réglée par l'intermédiaire de deux vis mises en mouvement par un petit volant placé sous la main de l'ouvrier. Ce volant est muni de divisions qui indiquent la hauteur de la lame au-dessus de la table.

Le bloc étant fixé sur la table et la lame placée à la hauteur voulue, il suffit d'embrayer l'une des poulies pour produire l'avancement du bloc, et par suite trancher un feuillet d'épaisseur déterminée.

Les feuilles ainsi obtenues sont séchées dans une étuve à air chaud, composée de deux pièces séparées par une cloison munie d'ouvertures permettant l'entrée de l'air chaud, mais suffisamment étroites pour empêcher l'introduction dans la chambre de chauffe des matières à sécher. La plus petite pièce est garnie de tuyaux à ailettes dans lesquels on fait circuler un courant de vapeur; l'autre, l'étuve proprement dite, est munie de deux ventilateurs aspirants fixés à la toiture.

Les feuilles déposées dans le séchoir y séjournent de trois jours à plusieurs mois suivant leur épaisseur; on constate que le produit est suffisamment sec par sa rigidité; mais, sous l'influence du séchage, les feuilles se voilent, et l'on est obligé, pour les redresser, de

les comprimer de nouveau avant de les livrer. Pour cette dernière opération, on fait usage d'une presse à plateaux chauffés qui permet d'exercer sur les feuilles de celluloïd une pression de 220^{kg} à 250^{kg} par centimètre carré, tout en élevant la température.

La forme du produit final nécessite quelquefois l'emploi d'appareils spéciaux; on fait, par exemple, usage d'une presse à étirer pour produire des bâtons de celluloïd ayant une section quelconque.

L'appareil se compose d'une presse hydraulique horizontale dont le piston pénètre dans un bloc qui reçoit la matière à étirer.

Ce bloc à double paroi, d'une capacité intérieure de 3^{lit} à 4^{lit}, est mobile autour de deux tourillons creux dont l'un sert à introduire la vapeur nécessaire au chauffage et l'autre à extraire l'eau condensée.

A l'extrémité opposée à celle par laquelle pénètre le piston de la presse, le bloc est muni d'une rainure dans laquelle glisse une plaque portant une tubulure dont l'orifice fait épouser à la matière la forme désirée.

Avec cet appareil on peut produire à volonté, en changeant la filière, des fils de celluloïd, des lames, etc. La puissance de la presse permet d'exercer une pression très forte, et l'écoulement de la matière est facilité, comme dans les presses à pâtes alimentaires, par l'élévation de température.

Le chargement du bloc étant étiré, on fait rentrer le piston de la presse par un jeu de robinets, le bloc tourne autour de ses tourillons et peut recevoir une nouvelle charge.

---

§ III.

PROCÉDÉS DE MISE DE FEU. — DÉTONATEURS.

La mise en œuvre des explosifs nécessite l'emploi de détonateurs qui sont actionnés soit à l'aide d'une mèche, soit par l'intermédiaire d'une petite amorce qui détone sous l'influence d'une étincelle, ou par l'élévation de température d'un fil fin dans lequel on fait passer un courant électrique.

Les divers procédés de mise de feu comportent donc l'emploi

d'engins différents, allumeurs, mèches, détonateurs ordinaires ou électriques, qui tous étaient représentés à l'Exposition.

I. — Allumeurs.

Pour obtenir l'inflammation de la mèche, on fait souvent usage d'amadou ou d'allumeurs Ruggieri. Ces deux procédés ont de graves inconvénients dans les mines grisouteuses; l'amadou incandescent est transporté dans les galeries dont l'air peut, à un moment donné, contenir une proportion suffisante de formène pour donner lieu à une explosion; l'allumeur Ruggieri, lorsqu'on l'enflamme, projette des particules incandescentes.

La maison Davey, Bickford, Watson et C^ie^ a essayé de remédier à ces inconvénients en construisant les *safety lighters* ou allumeurs de sûreté.

Ce sont de petits tubes fermés à un bout, dont l'autre extrémité vient coiffer la mèche comme un détonateur, et que l'on sertit sur cette dernière au moyen d'une pince. Chaque tube contient une petite capsule en verre renfermant de l'acide sulfurique, au contact de laquelle on place une boulette de chlorate de potasse; le tout est maintenu en place à l'aide d'une petite bague coincée entre le tube et la boulette.

Pour faire usage de cet allumeur, on écrase, au moyen d'une pince plate spéciale, l'extrémité du tube où se trouve logée la capsule en verre ; l'acide sulfurique se répand sur le chlorate et donne lieu à une explosion; la flamme produite allume la mèche. Mais il peut arriver que l'écoulement de l'acide soit trop lent pour donner lieu à une explosion, ou que, sous l'influence d'une décomposition trop rapide, le tube en métal ne résiste pas suffisamment, qu'il soit fissuré et que les gaz enflammés, s'échappant par les gerçures produites, viennent allumer l'atmosphère grisouteuse. Le problème de l'allumage de la mèche dans les mines à grisou ne paraît donc pas complètement résolu.

II. — Mèches.

On doit demander aux mèches que l'on emploie deux qualités : 1° qu'il n'y ait aucun arrêt dans la transmission de l'inflammation ; 2° que la vitesse de combustion soit constante.

La première condition est généralement remplie ; mais pour la se-

conde, il existe encore des variations assez grandes lorsqu'on compare les durées de combustion des diverses portions d'un même rouleau.

Les modes d'emploi très différents qui existent dans la pratique nécessitent la confection de nombreux types de mèches ; le résumé des produits exposés par MM. Kinsmen et C^ie^ en donnera une idée :

NUMÉROS.	NATURE DE LA MÈCHE.	PROPRIÉTÉS.	VITESSE de combustion par minute.
1	Goudronnée à double tissu.	Supporte un peu d'humidité.	
2	Goudronnée à triple tissu.	Supporte mieux l'humidité, brûle après une immersion de deux à trois heures dans l'eau.	m 0,66
3	Double tissu, enduit à la colle forte et au kaolin.	Mèches qui donnent peu d'odeur et peu de fumée pour travaux souterrains, mines, tunnels ; supportent peu l'humidité.	0,83
4	Triple tissu, enduit à la colle forte et au kaolin		
5	Double tissu, enduit à la colle forte et ocre jaune.		
6	Triple tissu, enduit à la colle forte et ocre jaune.		
7	Mèche à ruban, obtenue en recouvrant d'une enveloppe en toile goudronnée une mèche ordinaire également goudronnée.	Pour endroits très humides, ne donne pas d'étincelles en brûlant.	0,60
8	Mèche à ruban supérieure, semblable au n° 7; on ajoute au goudron une composition spéciale qui le rend plus imperméable et moins collant.	Pour endroits très humides, brûle après une immersion de 15 à 20 heures sous l'eau. Ne donne pas d'étincelles.	
9	Mèche à double ruban, seconde enveloppe en toile enroulée en sens inverse de la première, soit trois couches de goudron superposées.	Brûle après une immersion de 30 heures sous l'eau.	de 0,50 à 0,55
10	Mèche gutta-percha; l'épaisseur de gutta est réglée suivant les besoins.	Imperméable, peut rester des mois sous l'eau sans détérioration.	

La Compagnie des mèches de sûreté à mines de Villeurbanne, la fabrique de mèches la Verdad, près Bilbao, avaient exposé les nombreux produits qu'elles confectionnent et qui se rapprochent de ceux qui sont énumérés ci-dessus; enfin la maison Davey, Bickford, Watson et C^ie^ avait dans son exposition, à côté des mèches lentes courantes, une mèche à combustion plus rapide désignée sous le nom de *mèche instantanée imperméable,* dont la vitesse moyenne de combustion est de 234^m^,50 par seconde; il paraît même que cette importante maison est parvenue à réaliser une vitesse de 300^m^.

Cette augmentation de la vitesse de combustion a eu pour conséquence la création d'un dispositif permettant d'allumer plusieurs mines à la fois.

L'appareil se compose d'un faisceau de mèches instantanées réunies dans une douille en métal, fermée à l'autre bout par un bouchon en bois, traversé lui-même par un bout de mèche lente; celle-ci met le feu à une petite amorce placée sous le bouchon, laquelle enflamme simultanément les mèches instantanées. Avec la vitesse de 300^m^, en employant des bouts égaux et en admettant que la combustion soit régulière, on peut avec ce dispositif allumer plusieurs fourneaux au même instant.

III. — Détonateurs.

La Société française des munitions de chasse, de tir et de guerre, avait réuni dans deux classes différentes les nombreux produits qu'elle fabrique; son exposition comprenait, en particulier, la série complète des divers détonateurs qu'elle livre au commerce, et dont la multiplicité toujours croissante doit répondre à tous les besoins.

Ces détonateurs se divisent en deux classes : les détonateurs ordinaires à fulminate de mercure pur et les détonateurs électriques; les premiers se partagent eux-mêmes en deux catégories suivant leur diamètre, qui est de 6^mm^ ou 9^mm^.

La charge est formée par du fulminate pur d'une densité gravimétrique de 1,600, qui doit être comprimé au fond des amorces sous une pression de 260^kg^ par centimètre carré, soit environ 60^kg^ par amorce; cette pression réduit sensiblement de moitié la hauteur de la charge, et le fulminate comprimé possède alors une densité réelle d'environ 2,800. Dans ces conditions, les détonateurs ren-

ferment par millimètre de hauteur $0^{gr},0376$ environ de fulminate non pressé et $0^{gr},0658$ de fulminate comprimé.

La compression est d'ailleurs suffisante pour qu'ils puissent résister aux chocs des transports sans désagrégation et sans que des parcelles de fulminate tombent des amorces.

Les renseignements sur les détonateurs de 6^{mm} de diamètre extérieur en cuivre rouge sont réunis dans le tableau suivant :

NUMÉROS.	1.	1 *bis*.	2.	2 *bis*.	3.	4.	4 *bis*.	5.	6.	7.	8.
Longueur totale du tube.....	17^{mm}	27^{mm}	27	29	29	40	42	45	52	60	70
Poids moyen du détonateur vide.....	$0^{gr},80$	$1^{gr},05$	1,05	1,15	1,15	1,67	1,72	1,78	2,23	2,37	2,43
Poids du fulminate pur.....	$0^{gr},25$	$0^{gr},25$	0,50	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
Hauteur moyenne de la charge comprimée.	$3^{mm},25$	$3^{mm},25$	7,25	7,25	11,25	15,25	19,25	23,25	31,25	39,25	47,25
Haut., compris le fond du tube et le culot.	4^{mm}	4^{mm}	8	8	12	16	20,05	24,25	32,25	40,25	48,50
Espace vide pour logement de la mèche..	13^{mm}	23^{mm}	19	21	17	24	22	20,75	19,75	19,75	21,50
Poids moyen du détonateur chargé.....	$1^{gr},17$	$1^{gr},42$	1,67	1,77	2,02	2,79	3,09	3,52	4,47	5,12	5,80

Dans tous ces détonateurs, qui ont un diamètre intérieur de $5^{mm},5$, le fulminate est recouvert d'un petit culot en cuivre rouge de $0^{mm},25$ à $0^{mm},20$ d'épaisseur, percé d'un trou central de $2^{mm},5$ à $3^{mm},0$ de diamètre, se retournant sur le fulminate de $2^{mm},8$ à 3^{mm}.

Les détonateurs de 9^{mm} de diamètre extérieur sont simples ou à oreilles; ils renferment une charge de 3^{gr} à 5^{gr} de fulminate et sont utilisés soit dans les projectiles, soit pour entraîner la détonation d'une quantité importante d'explosif.

La Société des munitions avait exposé les deux types de détonateurs électriques, de tension ou de quantité, qu'elle fabrique. Dans l'amorce de tension, la distance qui sépare les deux fils de platine est réglée à $0^{mm},50$; la charge est formée par un mélange de chlorate et de sulfocyanure métalliques additionnés de charbon de cornue. Les deux fils qui contiennent l'amorce sont en cuivre

étamé de $0^{mm},9$ de diamètre, recouverts de gutta-percha; tordus ensemble, ils sont emprisonnés dans un petit cylindre de gutta moulé qui permet de fixer l'amorce au détonateur.

Ces amorces sont d'une sensibilité suffisante pour permettre l'emploi de faibles exploseurs à induction, même à grande distance.

L'amorce de quantité à fil de platine est également formée de deux fils de cuivre étamé emprisonnés dans une masse de gutta-percha; les extrémités de ces fils sont fendues et reçoivent le fil de platine iridié d'un diamètre de $0^{mm},025$. La longueur du fil de platine est d'environ 2^{mm}, sa résistance électrique de 1300 ohms au mètre, ce qui donne comme résistance moyenne de l'amorce $2^{ohms},5$.

L'allumeur est une pâte composée de chlorate et de sulfocyanure métalliques, additionnés d'une gomme spéciale; cette pâte, bien séchée, adhère fortement aux fils et ne les oxyde pas.

Ces deux amorces sont réunies aux détonateurs à l'aide d'une composition spéciale qui les fait adhérer et rend l'amorce étanche, même après un long séjour sous l'eau, la composition ne se fendant ni ne s'écaillant avec le temps.

Elles peuvent être montées sur des baguettes de $1^{m},50$ à 2^{m} de longueur, qui portent les fils conducteurs et à l'extrémité desquelles on fixe l'amorce et le détonateur.

Enfin, la Société des munitions avait exposé une cartouche étanche pour travaux sous l'eau. C'est un cylindre creux en laiton fermé à l'une de ses extrémités et recouvert d'un couvercle ajusté à l'autre. Le côté plein porte une douille d'amorçage pour le logement du détonateur. La cartouche étant remplie avec un explosif sec, l'étanchéité du joint du couvercle est obtenue à l'aide d'un lut à base de caoutchouc.

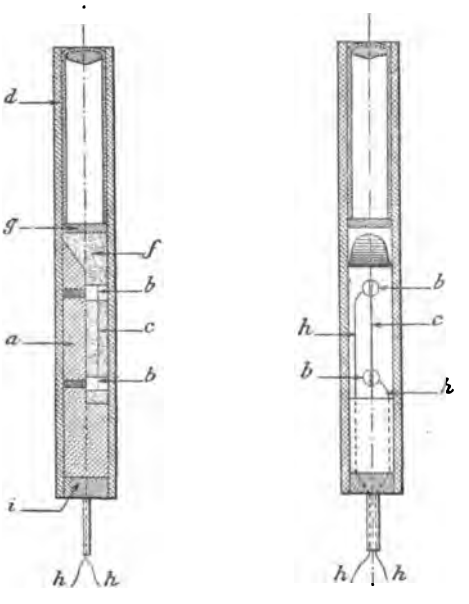
IV. — Amorces de MM. Manet.

L'inflammation de l'amorce exposée par MM. Manet frères est également obtenue en portant au rouge un fil de platine.

Tout le dispositif (*fig.* 1 et 2) est fixé sur un support en bois, cylindrique sur une partie de sa longueur, puis présentant un méplat *a* qui porte deux vis en cuivre *b*. Le tout est enfermé dans un cylindre creux en carton, d'un diamètre intérieur égal au diamètre extérieur des détonateurs et fermé à l'une de ses extrémités par un tampon mastiqué *i*.

Les câbles électriques *h* aboutissent aux deux vis, qui portent également le fil de platine *c* de $\frac{1}{20}$ de millimètre de diamètre, mesurant une longueur de 9^{mm}. A l'emplacement même du fil, on place une petite charge de poudre chloratée qui doit détoner lorsque le fil devient incandescent. Cette charge est maintenue en place par

Fig. 1 et 2.



une rondelle de carton *g* percée d'un trou central et recouverte d'une fine baudruche, afin d'empêcher la poudre de sortir. Cette rondelle occupe dans le cylindre en carton une position telle qu'il reste un espace libre très suffisant pour introduire et maintenir le détonateur *d* que l'on veut actionner.

Lorsque la charge de poudre brûle, elle projette des particules enflammées qui passent par le trou central de la rondelle, brûlent la baudruche et vont enflammer le fulminate du détonateur.

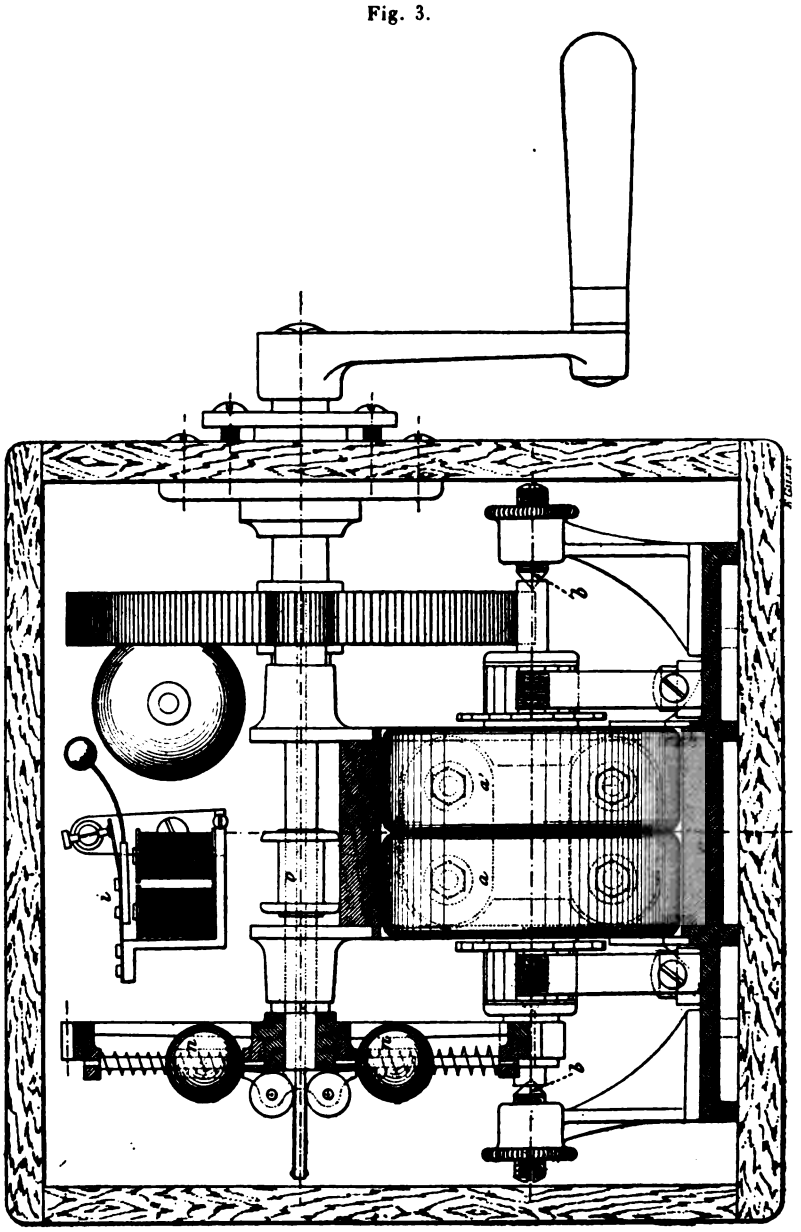
V. — Exploseur de MM. Manet.

Avec ces amorces spéciales, MM. Manet frères avaient exposé un exploseur dynamoélectrique, dans lequel on utilise l'inertie des pièces mises en mouvement pour obtenir la transformation instan-

tanée du travail qui résulte de ce mouvement en énergie électrique.

L'appareil se compose d'une machine dynamoélectrique (*fig.* 3)

Fig. 3.



dans laquelle les induits, constitués par deux anneaux Gramme aa', sont montés sur un même axe de rotation tournant entre deux pointes b, b, afin de diminuer le frottement. La mise en mouvement de ces anneaux entre deux pièces polaires c, communes aux deux induits, est obtenue à l'aide d'une manivelle dont l'arbre est relié à celui des anneaux par l'intermédiaire de deux roues et de deux pignons. La différence de diamètre des roues et des pignons permet, tout en tournant à la main, d'imprimer à l'arbre des induits une vitesse de rotation considérable; l'une des roues, montée sur l'arbre qui porte la manivelle, est munie de deux boules n qui, s'écartant de l'axe de rotation sous l'influence de la force centrifuge, constituent avec un dispositif spécial ce que les inventeurs ont appelé le *conjoncteur automatique* de leur appareil.

Lorsque l'on agit sur la manivelle, le courant développé dans l'induit a tournant entre les deux pièces polaires est suffisamment intense pour actionner une sonnerie i par l'intermédiaire du ressort l et de la vis m (*fig.* 4), si le circuit extérieur n'est pas interrompu en quelque endroit; on peut, d'après les inventeurs, s'assurer ainsi presque dès le début du bon état des circuits et des jonctions.

Le mouvement étant continué avec une vitesse croissante, les boules du conjoncteur s'écartent progressivement de l'axe de rotation (*fig.* 3), agissent sur deux lames d'acier qui commandent un collier o auquel est fixé le levier p portant les ressorts l et q. Ce mouvement du collier a pour effet de rompre le contact avec la vis m, ce qui interrompt le fonctionnement de la sonnerie; puis, lorsque le déplacement du collier est suffisant, le levier p parvient à une position telle que les ressorts q et l touchent, l'un q la vis de contact u qui ferme le courant de l'induit a' sur le circuit des inducteurs, l'autre l la vis du contact V en fermant le courant de l'induit a sur le circuit extérieur et les amorces électriques.

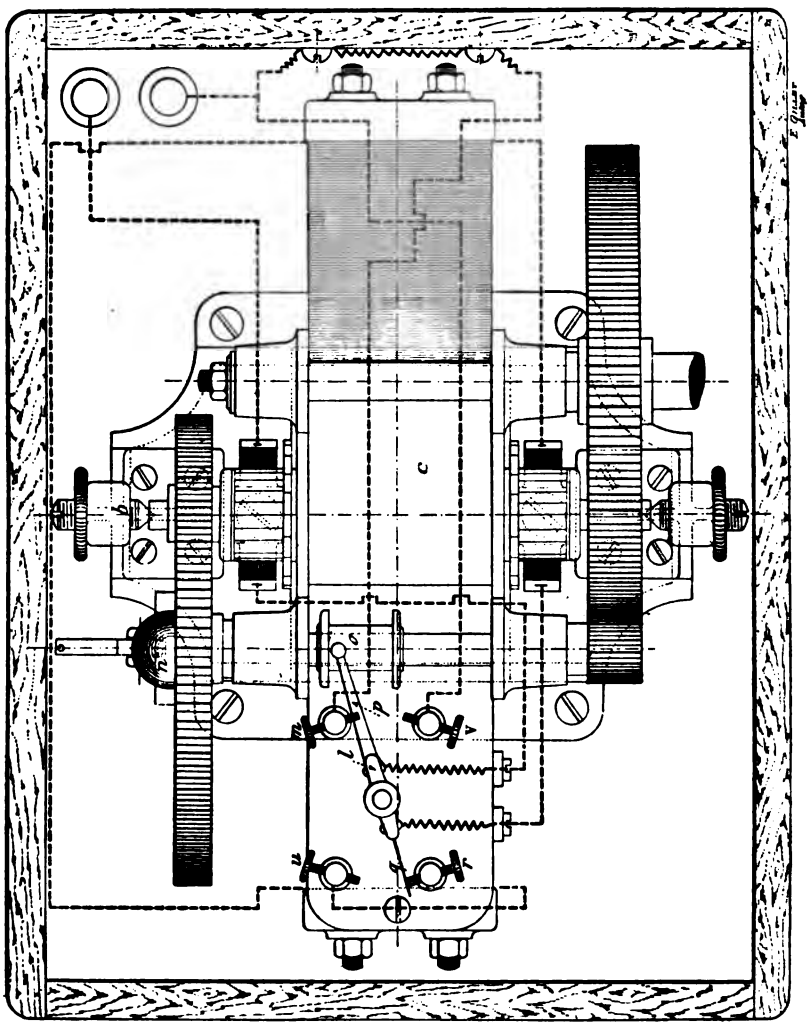
Dès que les amorces sont parties, le levier p serait rappelé brusquement avec production d'étincelles; pour éviter cet inconvénient, une petite armature électrisée retient le levier et ne l'abandonne qu'au bout d'un certain temps.

Pour montrer la puissance de leur exploseur, MM. Manet avaient disposé à l'Exposition même diverses expériences; ainsi avec cet appareil on peut porter au rouge sombre un fil de platine de $\frac{1}{20}$ de millimètre de diamètre ayant 80^{cm} de longueur; on peut encore, en

introduisant dans le circuit une résistance de 100 ohms, porter au rouge un fil de platine de $\frac{1}{30}$ de millimètre de diamètre.

La force électromotrice de cet exploseur est d'environ 80 à 100 volts; il peut être utilisé pour allumer simultanément un certain nombre d'amorces, à la condition que la résistance du circuit extérieur soit limitée en conséquence.

Fig. 4.



CHAPITRE II.

APPAREILS.

Pour l'étude des appareils exposés, on a réuni dans un premier paragraphe les appareils qui peuvent être utilisés dans la fabrication des poudres et des explosifs; dans un second, ceux d'un emploi plus général, tels que les appareils relatifs à l'épuration des eaux. On a réuni ensuite, sous la désignation de *matériel,* les produits employés dans les fabrications, grès, caoutchouc.

§ I.

APPAREILS UTILISABLES DANS LA FABRICATION DES EXPLOSIFS.

I. — Meules.

On trouve à l'Exposition deux types de meules nettement différenciés. L'un, construit en vue du broyage du ciment, du plâtre, peut être utilisé dans la préparation des matières non explosives, telles que le charbon de bois, la silice; l'autre, employé à la fabrication du chocolat, à la préparation des couleurs, pourrait servir au broyage de matières sensibles au choc, par exemple à la trituration des mélanges explosifs qui constituent maintenant la base des cartouches recommandées pour les mines grisouteuses.

Le premier type, dans la construction duquel aucune des précautions en usage dans les établissements qui traitent des matières dangereuses n'est observée, est lourd, mais présente cette particularité de joindre au broyage un tamisage consécutif qui débarrasse la piste des matières pulvérisées dès qu'elles sont parvenues au degré de finesse désiré.

Les meules exposées par M. Jannot rentrent dans cette première catégorie : afin d'éviter la diminution de l'efficacité du broyage provenant de la présence de la matière pulvérisée, qui se présente

toujours à l'action des meules et protège ainsi la masse non réduite en poudre, l'arbre vertical commande une chaîne à godets qui permet d'enlever automatiquement les matières.

Les meules proprement dites, en fonte, pleines ou évidées suivant le poids qu'on veut leur donner, sont du système ordinaire avec commande supérieure. Elles sont munies : d'un repoussoir extérieur qui ramène la matière sur la ligne de roulement; d'un repoussoir intérieur présentant la forme d'un peigne à dents plus ou moins larges, afin d'empêcher les morceaux trop gros d'être enlevés par la chaîne à godets ; enfin, d'un racloir presque vertical destiné à s'opposer à une trop forte adhérence de la matière sur la piste.

L'arbre vertical qui entraîne les meules dans son mouvement de rotation porte un engrenage commandant la chaîne à godets; la matière, pulvérisée ou non, ramassée par les godets, est versée sur un double tamis triangulaire, monté avec deux toiles superposées, ayant des perces différentes. Les morceaux trop gros sont rejetés sur la piste et soumis à un nouveau broyage, tandis que les particules qui passent à travers les mailles du second tamis tombent dans le socle de la machine disposé en conséquence.

Pour faciliter le passage de la matière à travers les mailles ou son glissement, la partie inférieure du tamis est portée par des galets qui roulent sur une roue dentée; la trépidation ainsi produite pouvant être insuffisante, la partie supérieure du tamis est reliée à une roue à rochets munie de quatre dents ; abaissé par une dent de cette roue, le tamis, au moment où il l'abandonne, est brusquement rappelé de bas en haut par un ressort dont la tension peut être réglée. Ces chocs brusques, qui se répètent quatre fois par tour, joints au mouvement de trépidation, permettent d'obtenir un tamisage très régulier. Le tamisage peut être suspendu sans arrêter le mouvement des meules, un débrayage spécial commandant la chaîne à godets.

La matière, suffisamment pulvérisée pour traverser les mailles du tamis inférieur, tombe, comme nous l'avons dit, au-dessous de la piste, d'où on peut l'extraire à l'aide d'une vis d'Archimède, ou par tout autre procédé.

Cet appareil, qui est très robuste, a été essayé pour le broyage du charbon de bois; il peut fournir à la vitesse de 12 tours par

minute, en consommant une force d'environ 6 à 7 chevaux, une production de 100^{kg} à 150^{kg} à l'heure de charbon tamisé à la perce de 1^{mm}.

Dans la même catégorie se classent les meules exposées par M. Fleury, qui se distinguent des précédentes par le tamis, qui présente la forme d'un cylindre incliné sur la piste. Les matières, remontées à la partie supérieure par une chaîne à godets, sont tamisées par le cylindre qui tourne autour de son axe et rejette sur la piste les morceaux trop gros.

Les broyeurs employés dans la fabrication du chocolat, des couleurs, sont à une ou deux meules, avec cuvette tournante ou fixe. La puissance d'un appareil à une seule meule paraît insuffisante pour le mélange et la trituration des composés chimiques qui entrent dans la préparation des explosifs; aussi ne décrirons-nous que les types à deux meules.

Ces broyeurs, qui marchent à une assez grande vitesse, se distinguent des appareils similaires usités dans les poudreries en ce que la piste tourne entraînant par adhérence les meules librement suspendues.

L'exposition de M. Lombard comprend en activité plusieurs meules de ce système, construites par M. Greiss.

La piste est constituée par une table G en granit dur, de 10^{cm} d'épaisseur (*fig.* 5), reposant sur un croisillon en fonte G$''$ et limitée latéralement par une cuvette également en fonte. Cette cuvette comprend deux parties, l'une intérieure, embrassant la forme de la table et tournant avec elle, l'autre extérieure et fixe.

La table en granit est fortement serrée, à l'aide d'un écrou P, sur le croisillon qui la porte; à cet effet, l'arbre vertical, qui reçoit le mouvement par l'intermédiaire d'un engrenage d'angle placé sous le bâti de l'appareil, est muni de deux pas de vis en sens contraire. L'un sert à fixer le croisillon, l'autre reçoit l'écrou qui exerce le serrage nécessaire pour maintenir la piste en granit.

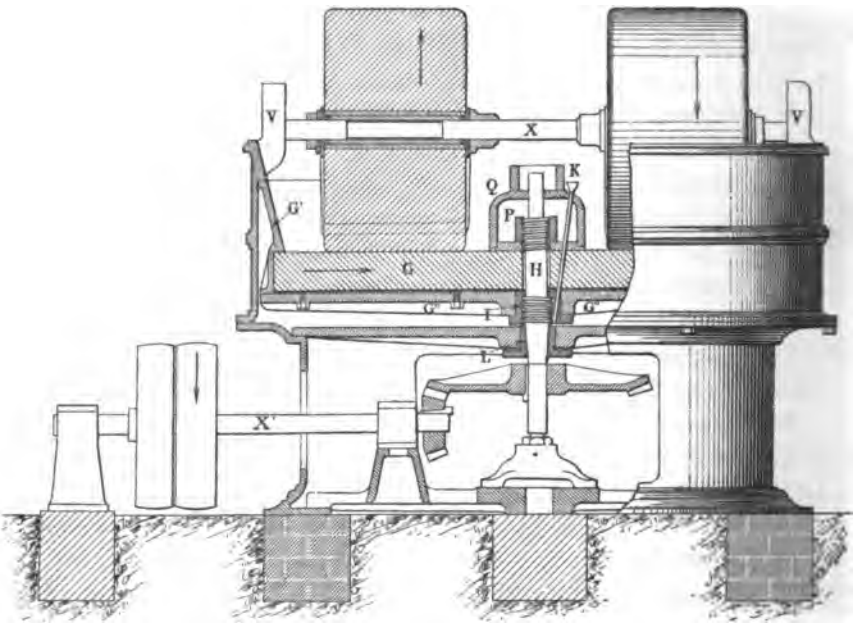
La portion de l'arbre vertical qui dépasse la table est recouverte par une calotte Q, dans laquelle pénètre un petit tube K, permettant de graisser la bague conique en bronze placée dans le bâti qui joue le rôle de boîtard pour l'arbre vertical.

Les meules en granit sont montées sur un arbre horizontal X, comme les meules ordinaires en fonte; les extrémités de cet arbre

pénètrent dans des glissières verticales V qui permettent aux galets de s'élever lorsqu'il se produit une accumulation de matière. Chaque meule est munie d'un grattoir pour détacher la matière qui adhère à sa surface; deux pièces fixes servent de repoussoir et ramènent le mélange sur le cercle utile de la piste.

La cuvette faisant 40 à 45 tours à la minute, le mode de déchargement est singulièrement simplifié; il suffit de présenter une

Fig. 5.



pelle pour enlever une partie de la matière; de plus, le constructeur estime que la production, pour le chocolat, d'un broyeur à piste tournante est triple de celle obtenue avec un appareil de même dimension, mais à cuvette fixe.

Les meules employées dans ces appareils sont proportionnellement plus larges que celles en service dans les poudreries; cet accroissement de la largeur augmente l'effet de la torsion qui s'exerce sur la matière et facilite le mélange.

Dans le plus grand modèle construit par M. Greiss, qui exige une force de 2 chevaux à la vitesse de 40 à 45 tours, la table tour-

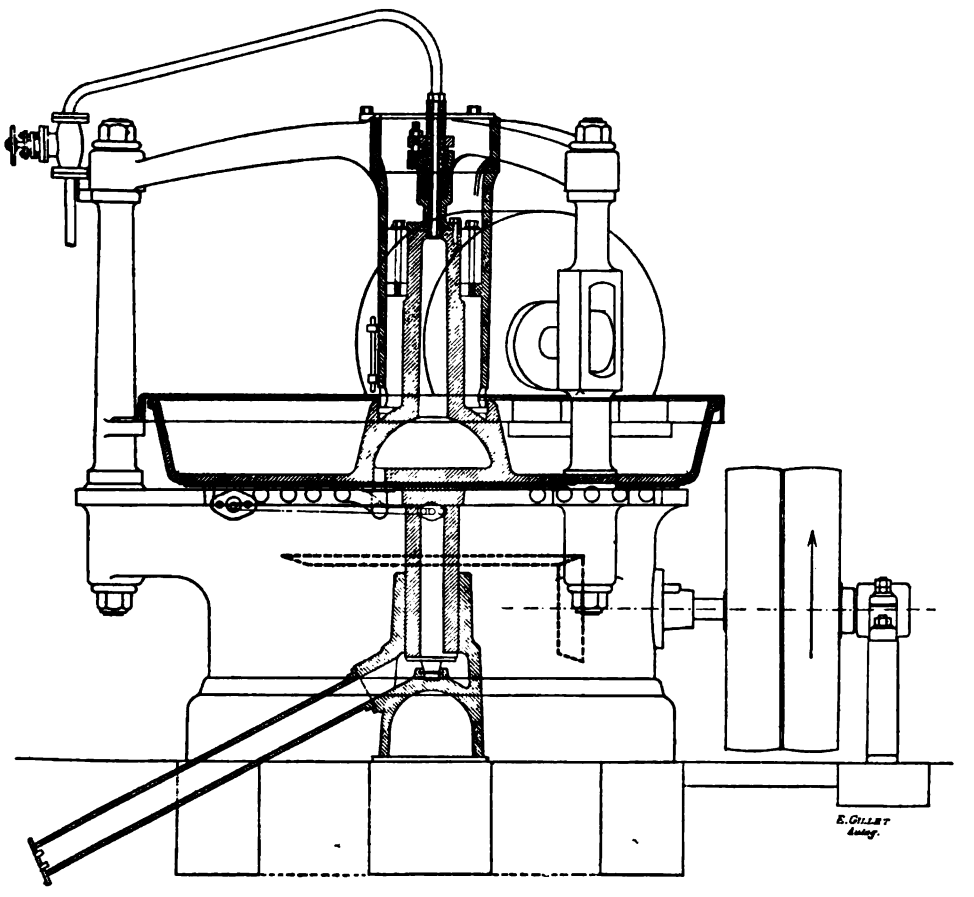
nante mesure $1^{m}, 40$ de diamètre, les meules en granit ont 65^{cm} de diamètre et 40^{cm} à 45^{cm} de largeur.

Des appareils similaires sont exposés par MM. Beyer frères; la seule différence qui existe réside dans le tournage des meules, dont l'une est cylindrique et l'autre dotée de cannelures.

Mais ces constructeurs ont introduit dans les meules à cuvette tournante le chauffage de la piste, ce qui permet de triturer des matières très hygrométriques.

La cuvette mobile en fonte (*fig.* 6) est portée par un arbre

Fig. 6.



vertical qui reçoit le mouvement par le bas; les galets, au nombre

de deux, sont placés sur deux rayons qui font entre eux un angle de 120°; ils peuvent se soulever comme pour les meules de M. Greiss. A la partie centrale de la cuvette s'élève une colonne creuse qui communique par sa partie supérieure avec une conduite de vapeur, et par le bas avec une série de tubes disposés au-dessous de la cuvette. Un robinet permet de régler l'admission de vapeur, et un tuyau placé sous le bâti évacue l'eau condensée.

Cet appareil est muni d'une pelle à bascule automatique pour le déchargement de la matière.

Les meules de MM. Demoor (section belge), bien qu'elles soient construites pour le broyage des matériaux qui entrent dans la construction, sont également à table tournante. La cuvette en fonte peut être doublée intérieurement avec une feuille d'acier rivée sur le fond, afin de faciliter le remplacement de la partie de l'appareil qui s'use le plus. Chaque meule, montée sur un arbre spécial dont les extrémités reposent dans des coussinets, mobiles verticalement dans des boîtes en fonte, peut s'élever suivant l'épaisseur de la couche de matière qui passe.

Cet appareil comprend deux modèles pour lesquels les meules en fonte pèsent respectivement 500^{kg} et 1000^{kg}; la force motrice nécessaire est de 3 et 5 chevaux.

Le graissage est assuré par des boîtes à graisse disposées au-dessus de chaque coussinet, et l'arbre vertical creux permet d'amener au grain d'acier qui tourne dans la crapaudine la quantité nécessaire de liquide lubrifiant.

II. — Malaxeur.

Mélangeur de M. Boucher. — L'appareil exposé par M. Virgile Boucher est spécialement construit pour la fabrication du vernis à l'alcool, mais il peut être employé pour faire dissoudre un corps quelconque dans un liquide volatil.

Il se compose d'un vase central fermé, chauffé au bain-marie, dans lequel on met en présence le liquide et le corps à dissoudre.

Un arbre vertical muni de palettes, qui peut recevoir à la main, à l'aide d'une manivelle et de deux pignons, un mouvement de rotation dans un sens ou dans l'autre, facilite la dissolution par

l'agitation de la matière et le renouvellement des surfaces de contact.

Les vapeurs produites pendant le mélange s'écoulent par un tuyau aboutissant à un récipient refroidi qui permet de condenser le liquide volatil et de diminuer les pertes par évaporation.

Ce récipient, comme celui dans lequel on fait écouler le liquide obtenu après mélange, est muni de 3 filtres superposés et équidistants qui doivent arrêter toutes les impuretés se trouvant dans la masse. Chacun de ces filtres est constitué par deux toiles métalliques entre lesquelles on place une substance filtrante appropriée, feutre, amiante, etc.

Pour permettre d'annuler complètement les pertes par évaporation, le couvercle de cet appareil devrait être solidement fixé ou muni d'un joint hydraulique. Tel qu'il est construit, le mélangeur de M. Boucher, tout en réalisant un progrès sur les mélanges faits à l'air libre, doit encore laisser perdre une faible quantité du dissolvant volatil employé.

III. — Broyeurs, pulvérisateurs.

Les principaux appareils de broyage qui figuraient à l'Exposition étaient basés sur différents principes : dans les uns, on utilise la force centrifuge ; dans d'autres, la pulvérisation est obtenue comme dans les tonnes binaires en service dans les poudreries; dans certains appareils, on emploie le cassage à la volée; enfin, le broyage est obtenu par le choc des éléments eux-mêmes les uns contre les autres dans le pulvérisateur Cyclone.

Broyeur Vapard. — Le broyeur Vapard exposé par M. Bordier se compose de 3 plateaux circulaires horizontaux en tôle d'acier, fixés sur un arbre vertical et portant à leur périphérie des équerres dites *de projection,* dont les faces verticales sont dirigées suivant des rayons. Le tout est enfermé dans une enveloppe cylindrique, à l'intérieur de laquelle sont fixés des segments dentés placés au niveau de chaque plateau, et des entonnoirs qui servent à diriger la matière de la circonférence extérieure d'un plateau au centre de celui placé immédiatement au-dessous.

L'arbre étant animé d'un mouvement de rotation, on introduit les matières par un trou réservé dans le couvercle du broyeur, près

du centre. Les matières tombent sur le premier plateau, se distribuent entre les équerres et sont lancées avec une grande vitesse contre les segments, sur lesquels elles se brisent. Sous l'action de la pesanteur, les matières qui ont subi ce premier broyage glissent sur le premier entonnoir et tombent au centre du second plateau, qui les chasse à son tour contre la paroi. L'appareil étant constitué par 3 plateaux superposés, chaque élément subit 3 broyages successifs. Des palettes, placées au fond de la cuve, ramassent la matière broyée et l'évacuent à l'extérieur.

L'effet produit avec cet appareil est proportionnel à la vitesse de rotation de l'arbre qui porte les plateaux, et il est d'autant plus grand que le diamètre desdits plateaux est plus considérable.

Il faut, de plus, pour favoriser le broyage et obtenir le maximum d'effet utile, que le choc de chaque élément projeté ait lieu sous une incidence normale; aussi la forme des segments dentés, fixés au niveau de chaque plateau, est-elle déterminée pour une vitesse donnée de l'arbre de rotation.

Broyeur de M. Morel. — Dans le broyeur de M. Morel, de Grenoble, des boules sphériques chassées par la force centrifuge écrasent la matière contre un bandage en acier creusé intérieurement suivant un arc de cercle, de manière à présenter en creux le profil des boulets employés.

Ces boulets, généralement au nombre de 6, sont logés entre des palettes calées sur l'arbre vertical, placé au centre de l'appareil. Sous l'influence de la vitesse de rotation de cet arbre qui tourne à 200 tours par minute, la force centrifuge appuie dans la gorge du bandage les boulets qui broient la matière introduite dans l'appareil et amenée à la périphérie par le mouvement de rotation des palettes.

Au-dessus du bandage, on a disposé un tamis cylindrique vertical, qui laisse passer la matière broyée et rejette sous les boulets tout ce qui a échappé au broyage. Le tamisage est facilité par une ventilation obtenue à l'aide d'ailettes calées sur l'arbre vertical. L'air, appelé de l'extérieur par une ouverture réservée dans le couvercle, est envoyé sur le tamis et entraîne ainsi les poussières en suspension dans l'intérieur de l'appareil.

La puissance de ce broyeur est assez considérable; il permet de

pulvériser des grappiers de chaux; le produit obtenu se présente sous la forme de parallélépipèdes très allongés, alors que le broyage aux meules donne, en général, des particules sensiblement rondes.

Cylindre Alsing. — Le cylindre Alsing est une tonne en tôle montée sur un bâti en bois, et portée par un arbre qui s'arrête aux deux faces latérales de l'appareil.

Le mouvement est obtenu à l'aide d'une paire d'engrenages à chevrons.

La tonne tourne autour de son axe, à une vitesse de 18 tours par minute, en consommant une force de 12 chevaux pour un cylindre de $1^{m},80$ de diamètre intérieur et $1^{m},80$ de longueur. Tout l'appareil est garni intérieurement en porcelaine dure, sauf l'encadrement en bois et la garniture intérieure de la porte de chargement. Pour la partie cylindrique, ce garnissage est constitué à l'aide de parallélépipèdes en porcelaine de 100^{mm} de longueur et 80^{mm} de largeur, ayant une épaisseur d'environ 70^{mm} à 80^{mm}, assemblés entre eux à rainures et languettes triangulaires.

Pour les fonds, on emploie de grandes plaques en porcelaine boulonnées sur la tôle; les têtes des boulons noyées dans la porcelaine sont recouvertes d'un enduit en ciment.

La matière à pulvériser est introduite dans la tonne, avec un poids de cailloux ronds et durs double de celui de la matière à traiter; le choc de ces cailloux contre la paroi du cylindre produit le broyage.

Tonneau broyeur de M. Faure. — Le tonneau broyeur exposé par M. Faure est principalement employé à la pulvérisation de la paille et des vieux papiers; il est basé sur le même principe que le cylindre Alsing, mais possède un dispositif spécial permettant d'envoyer de l'eau dans l'appareil. On peut ainsi préparer une pâte qu'un délayage amène au degré de dilution nécessaire pour la fabrication du papier.

Broyeur de M. Weidknecht. — Parmi les broyeurs exposés par M. Weidknecht, celui qui est recommandé pour la pulvérisation des produits chimiques est constitué par des marteaux articulés, entièrement libres, c'est-à-dire oscillant sur les axes et frappant à la volée la matière introduite dans l'appareil.

Les marteaux, animés d'une grande vitesse, frappent les matières

à broyer; le produit est lancé sur le plafond de l'appareil où il rencontre une traverse, qui a pour but de retenir les gros morceaux qui retombent, jusqu'à complète réduction, sur les marteaux; les parties concassées sont projetées sur des grilles en acier percées de trous, à la dimension maxima demandée. Ces tamis laissent s'échapper la matière quand elle est arrivée au point voulu, puis les marteaux, agissant comme autant de pelles, enlèvent la matière concassée et la projettent de nouveau le long des grilles.

Les matières suffisamment broyées passent par les trous des grilles; les plus grosses redescendent en se tamisant et sont reprises par les marteaux, concassées de nouveau, puis rejetées jusqu'à parfaite réduction des morceaux.

Si une résistance trop grande se présente, les marteaux, grâce à leur mobilité, oscillent sur leur axe autour duquel ils sont fous, ce qui évite toute chance de rupture.

L'évacuation des matières, dès qu'elles ont atteint la dimension voulue, permet de diminuer sensiblement la production de matière pulvérulente, ce qui est important dans un grand nombre de cas.

Pulvérisateur Cyclone. — L'appareil se compose essentiellement de deux batteurs, en forme d'hélices, tournant à une très grande vitesse et montés sur deux arbres légèrement inclinés. Chacun de ces arbres possède une commande spéciale qui lui communique une vitesse de rotation de 1000 à 3000 tours à la minute.

Les deux batteurs tournent en sens inverse l'un de l'autre, dans une chambre ayant à peu près la forme de deux troncs de cône juxtaposés par leurs grandes bases. La matière est introduite dans cette chambre par l'intermédiaire d'un coffre en tôle, qui la relie à deux cylindres distributeurs, logés dans des trémies de chargement et qui alimentent automatiquement l'appareil.

Les batteurs engendrent, en tournant, des tourbillons d'une grande énergie; aussi les matières soumises à l'action de ces batteurs sont-elles projetées les unes contre les autres avec une grande puissance; elles se brisent en particules qui, elles-mêmes, sont réduites à un état de ténuité plus grande.

Un ventilateur, dont l'aspiration est réglable à volonté, entraîne les matières pulvérisées et les laisse se déposer dans des chambres spéciales.

La matière à pulvériser doit être préalablement concassée, afin d'être facilement entraînée par les tourbillons; les dimensions à donner au corps à broyer dépendent de sa densité.

Le pulvérisateur Cyclone présente l'avantage de classer naturellement les produits pulvérisés dans une série de chambres; complètement clos, il permet de traiter des substances nuisibles pour la santé, sans danger pour les ouvriers; enfin, lorsqu'on traite des matières humides contenant jusqu'à 20 pour 100 d'eau, l'action énergique du mouvement dessèche la matière, tout en la pulvérisant.

IV. — Machines à agglomérer.

Bien que les machines à agglomérer les briquettes ne soient pas utilisables telles qu'elles sont construites, dans la fabrication des poudres, les principes sur lesquels elles sont basées pourraient trouver une application dans la compression finale des grains; aussi paraît-il nécessaire de signaler celles qui figuraient à l'Exposition

La Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée avait exposé une machine à agglomérer les briquettes (*fig.* 7, 8, 9), dans laquelle un moule cylindrique fixe reçoit la matière par l'intermédiaire d'une trémie de chargement B, munie d'un tiroir distributeur. Par l'une des extrémités de ce moule pénètre un piston compresseur C, mené par un excentrique D; il entraîne la matière et la comprime contre un piston obturateur E, qui ferme l'autre extrémité du moule et qui se retire dès que la pression a atteint une valeur déterminée, de manière à permettre au premier piston, qui continue sa course, de démouler la briquette formée.

Les mouvements de ces deux pistons sont commandés par deux pièces, calées sur deux arbres parallèles rendus solidaires par des engrenages.

Lorsque la matière est admise dans le moule, qui est alors fermé par le piston obturateur, le piston compresseur est sur le point de commencer son mouvement d'avancement. Poussé par l'excentrique auquel il est relié, il comprime la matière contre l'obturateur qui s'appuie sur des rondelles Belleville, dont la flexion n'est possible que sous un effort de 300^{kg} par centimètre carré, exercé sur le bout du piston. La quantité de matière introduite dans le moule devant permettre d'atteindre cette pression à un moment donné, immédiatement après, l'obturateur, n'étant plus soutenu par la came F qui

Fig.7

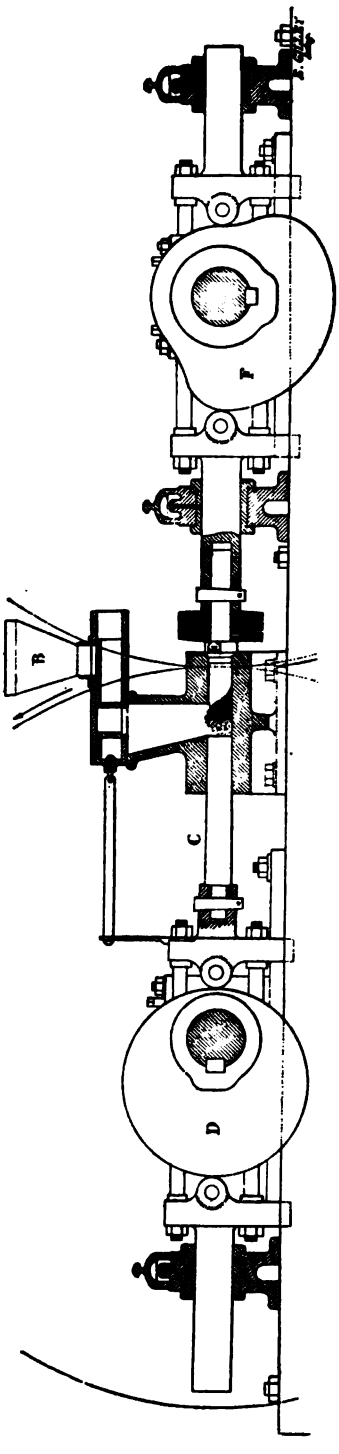


Fig. 8.

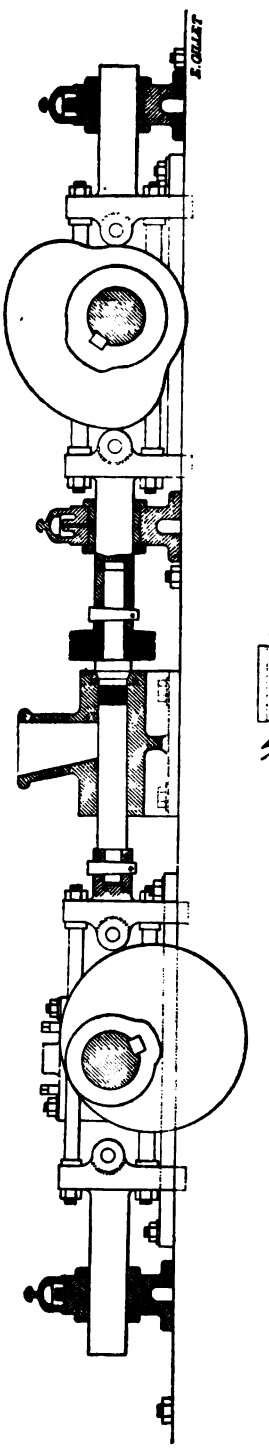
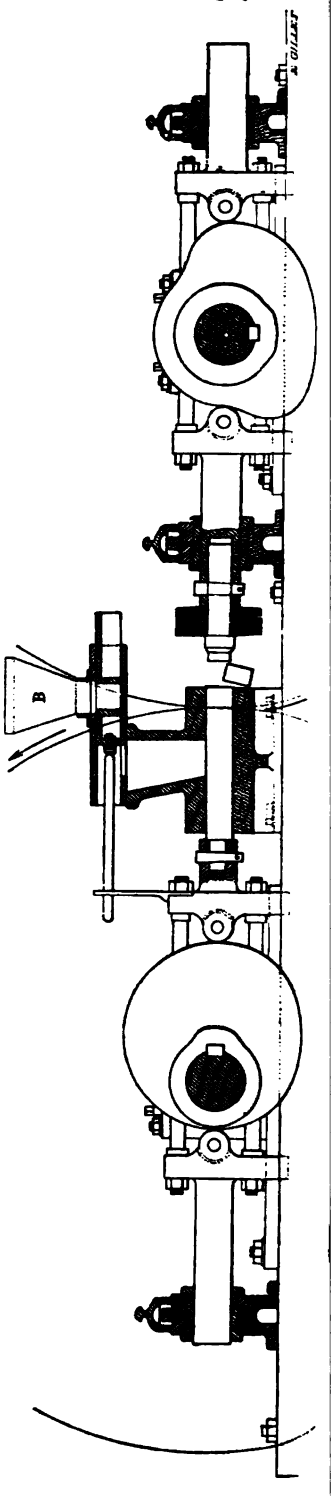


Fig. 9.



le guide, se retire et, le piston compresseur poursuivant sa course, chasse le bloc moulé.

La forme symétrique de la came du piston obturateur a permis de lui faire desservir un deuxième moule; un élément de la machine se compose ainsi de deux compresseurs symétriques et d'une came centrale conduisant les obturateurs. On peut juxtaposer sur les mêmes arbres autant d'éléments semblables, suivant la production à obtenir. On fait varier le calage des excentriques de chaque élément, de manière à répartir uniformément, pour chaque tour, l'effet du moteur.

La machine exposée est formée de deux éléments; elle peut produire 18 tonnes de briquettes de 250^{gr} en 10 heures, à 30 tours par minute : avec des grains d'un poids moyen de 40^{gr}, on pourrait donc obtenir une production journalière de 2880^{kg}.

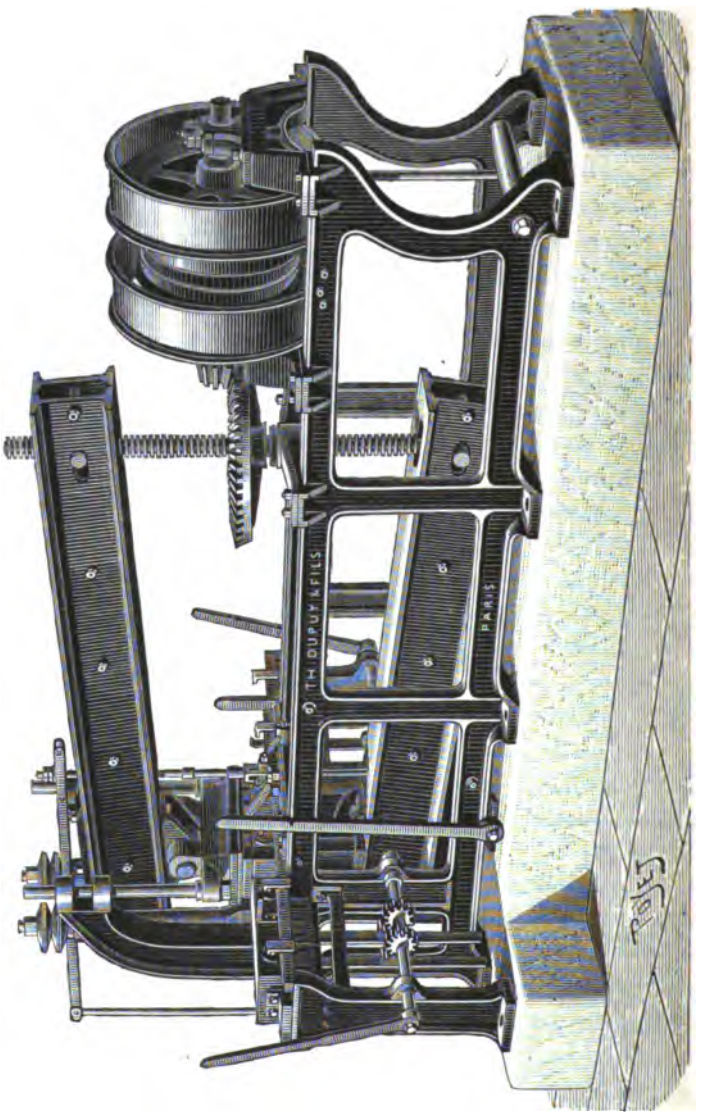
La machine à agglomérer, à pression simultanée sur les deux faces, exposée par MM. Dupuy, se compose de deux fers à double T (*fig.* 10), constituant une espèce de mâchoire dont les deux éléments sont mobiles, chacun autour d'un axe propre. Une vis, dont les deux extrémités sont taraudées en sens contraire, commandée par un pignon d'angle, permet de rapprocher ou d'éloigner simultanément les deux fers et d'exercer ainsi sur la matière à comprimer un effort d'autant plus considérable que les bras de levier sont plus grands. La limite supérieure de cet effort est réglée à l'aide de rondelles Belleville tarées, qui cèdent dès que la pression atteint le chiffre que l'on ne veut pas dépasser.

Le moule est placé dans un petit chariot, mobile sur des rails; dès qu'il est chargé, l'ouvrier le pousse entre les deux pistons, et un taquet l'arrête à la position qu'il doit occuper; en arrivant en place, le moule agit sur un levier qui s'opposait jusqu'alors à ce qu'on mît la machine en mouvement.

La machine étant embrayée, les deux fers se rapprochent et la pression s'exerce sur les deux faces de la matière: dès qu'elle est arrivée au point que l'on a déterminé à l'avance, l'ouvrier, qui a laissé la main sur la poignée du débrayage, en est averti par un petit mouvement de cette poignée et il n'a qu'à accentuer ce mouvement pour que les leviers s'écartent et que les pistons sortent du moule. Il n'y a plus qu'à retirer le moule et à extraire le produit formé.

La surface de compression de cette machine est de 20^{cm} sur 30^{cm}; elle permet d'exercer sur les 600^{cq} dont on dispose une pression

Fig. 10.



totale de 35000^{kg}, soit environ 60^{kg} par centimètre carré; mais il

est possible de diviser le moule en compartiments, et l'on pourrait, afin d'augmenter la pression en utilisant toute la surface disponible, comprimer à la fois 33 grains de poudre prismatique, avec une pression maximum de 100^{kg} par centimètre carré. Pour obtenir le chiffre de 300^{kg} par centimètre carré, il faudrait réduire à 11 le nombre des grains comprimés par opération.

Les constructeurs estiment qu'en faisant servir la machine munie de deux moules, l'un en pression, l'autre en chargement, par deux ouvriers, on pourrait effectuer 4 à 5 opérations par minute, ce qui permettrait d'obtenir une production journalière de 1150^{kg} en grains de poudre prismatique d'un poids moyen de 40^{gr}.

La rapidité de la compression paraît un peu grande pour des matières comme la poudre, et en estimant à 600^{kg} seulement la production journalière d'une pareille machine, on obtiendrait déjà un très bon résultat, car il faudrait effectuer au moins deux compressions par minute.

MM. Dupuy avaient exposé aussi une machine à agglomérer les boulets ovoïdes perforés, dans laquelle la compression est également obtenue sur les deux faces, mais qui est basée sur un tout autre principe.

Elle se compose d'un plateau horizontal qui porte les moules et qui entraîne, dans sa rotation, une sorte de pignon d'angle placé au-dessus de lui, dont les dents font l'office de pistons et compriment la pâte qui se trouve dans les alvéoles dans lesquels elles pénètrent.

La pâte est poussée dans chaque moule par les palettes du distributeur; à ce moment, le piston inférieur, qui forme le fond du moule, porte sur un plan articulé dont on peut changer l'inclinaison à volonté, ce qui permet, en proportionnant le volume, d'atteindre une densité finale déterminée. Ce piston est ensuite relevé lorsqu'une des dents du pignon d'angle pénètre dans le moule par la partie supérieure; ce mouvement ascensionnel est obtenu en faisant glisser la partie inférieure du piston sur une came fixe, indépendante de la table et d'un profil déterminé.

Pour limiter la compression qui s'exerce ainsi sur les deux faces de la matière, le piston inférieur appuie sur un ressort Belleville taré, qui cède dès que la pression atteint le chiffre fixé. Immédiatement après, le piston supérieur se relevant, le piston inférieur est également soulevé, afin d'amener au niveau de la table le bloc com-

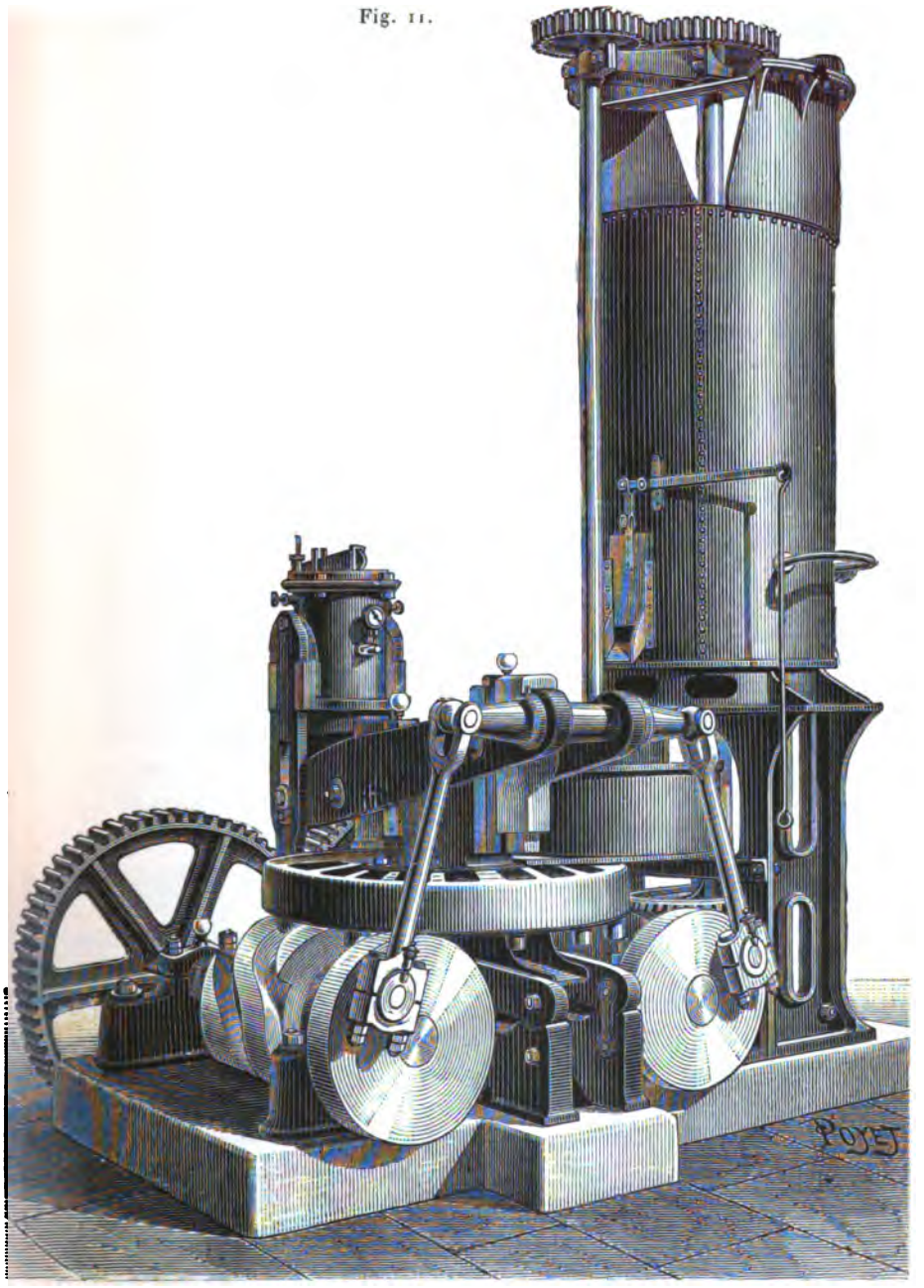
primé obtenu; une règle fixe arrête le produit moulé, qui est rejeté hors de l'appareil. Cette machine permet de fabriquer des boulets perforés en faisant traverser les moules inférieurs par une tige qui possède un mouvement propre; cette tige centrale est complètement en saillie au moment de la compression; pour le démoulage, la coupelle seule s'élève sans l'entraîner; mais le jeu nécessaire entre la coupelle et la tige laisse passer la matière pulvérulente à comprimer, ce qui peut être un danger lors de l'emploi des poudres. L'espace libre entre les moules et les coupelles mobiles est également très grand, ce qui serait un défaut, la matière qui passe par cet intervalle tombant sur la came qui opère le relèvement des pistons inférieurs.

La machine à agglomérer à double compression, système Couffinhal, exposée par M. Biextrix (*fig.* 11), est également constituée par un plateau tournant dont le mouvement est réglé par un tambour portant des rainures d'une forme particulière. Le but de ces rainures est de commencer le déplacement avec une vitesse presque nulle au début, qui croît d'une façon uniforme jusqu'à un maximum, pour repasser ensuite par les mêmes valeurs en sens inverse et revenir au degré initial. Au-dessous de ce plateau tournant sont disposés des galets tronconiques équidistants, qui s'engagent dans les rainures du tambour et relient le mouvement de ce dernier, actionné par l'un des arbres moteurs, à celui du plateau.

Le piston mouleur supérieur et le piston démouleur sont guidés par une pièce fixée au bâti; ils sont commandés par deux balanciers couplés, reliés entre eux par un joug horizontal qui suit le mouvement donné par deux bielles symétriques calées sur les deux arbres moteurs; le même dispositif est adopté pour le piston mouleur inférieur; le balancier qui actionne ce dernier piston tourne autour d'un axe fixe, et son mouvement est relié à celui des balanciers supérieurs par deux plaques portant un pot de presse.

Lorsque la compression se produit par l'abaissement des balanciers et du piston mouleur situé au-dessus du plateau, il arrive un moment où la partie supérieure de la briquette ne s'abaisse plus par suite de la résistance qu'oppose le piston inférieur, et aussi à cause du frottement qu'éprouve la matière contre les parois du moule; à cet instant, la face inférieure étant moins pressée que la face supérieure, une réaction se produit, cette dernière face devient

Fig. 11.



point fixe et le piston inférieur agit à son tour jusqu'à ce que la pression soit arrivée à être la même sur les deux côtés.

Pour limiter le degré de compression, la pièce qui relie les extrémités des balanciers supérieurs peut se déplacer dans une coulisse pratiquée entre les deux plaques verticales; cette pièce est en relation avec le piston d'un pot de presse hydraulique, dont la soupape d'écoulement d'eau est réglée de façon à s'ouvrir sous une pression déterminée.

La compression est donc obtenue en trois temps : action du piston compresseur supérieur, montée du piston inférieur jusqu'à égalité de pression sur les deux faces, enfin mouvement du piston dans le pot de presse, depuis le moment où la pression est atteinte jusqu'à ce que le point mort soit franchi par les manivelles.

La matière comprimée est alors amenée au-dessous du piston démouleur qui chasse la briquette sur un tablier à bascule.

Cette machine permet d'opérer jusqu'à 35 compressions par minute; on peut, avec un moule approprié, obtenir par opération plusieurs briquettes comprimées à 250^{kg} ou 300^{kg} par centimètre carré. Le principal inconvénient de cet appareil réside dans le tamisage de la matière qui se produit entre le plateau tournant et la table fixe, depuis le moment du chargement jusqu'à celui de la compression. Le frottement supporté en cet endroit par la matière ne présente pas de danger pour le charbon, mais il pourrait n'en être pas de même avec la poudre; néanmoins, le principe de cet appareil paraît pouvoir être utilisé dans la fabrication des explosifs.

V. — Tamiseur.

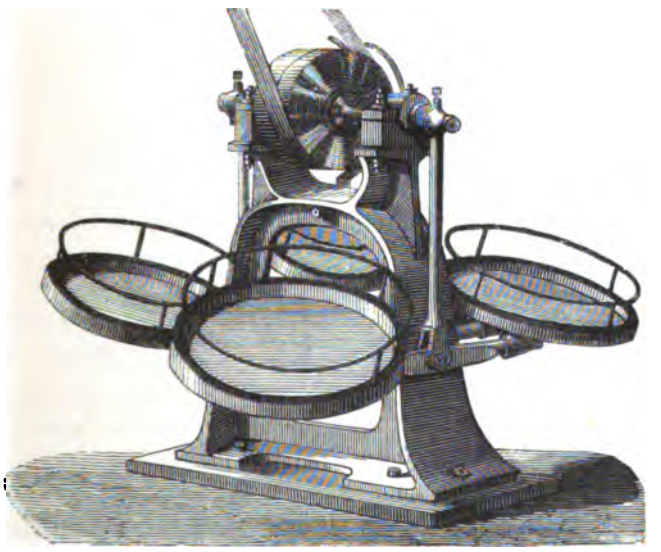
Tamiser une matière, c'est la réduire en grains suffisamment petits pour qu'ils puissent passer à travers des mailles données.

Cette opération comprend donc à la fois la réduction de la matière en grains et son passage à travers un tamis. Un appareil exposé par MM. Beyer frères réalise ces deux conditions : il est formé par un tamis comprenant deux toiles placées l'une au-dessus de l'autre; la toile supérieure correspond à la grosseur maximum que l'on veut admettre, tandis que la toile inférieure sert à épousseter la matière grenée produite. Le concassage est obtenu à l'aide d'un tourteau, qui se meut sur la toile supérieure et qui, par le mouvement donné au tamis, réduit la matière.

L'appareil mécanique se compose de 4 plateaux en bois (*fig.* 12), légèrement elliptiques, munis de rebords et fixés chacun sur un tourillon horizontal passant par le centre du plateau. Mobile autour de cet axe, chaque plateau est soutenu par une pièce horizontale commune à deux plateaux et reliée à une bielle verticale calée sur l'arbre moteur par l'intermédiaire d'un excentrique. Dans ces conditions, la bielle imprime un mouvement d'oscillation à chaque partie de l'appareil.

En plaçant dans chaque plateau un tamis d'un diamètre inférieur

Fig. 12.



au petit axe, il se déplace sous l'influence du mouvement imprimé et vient battre contre le rebord, ce qui facilite le tamisage de la matière. Le tourteau entraîné dans ce mouvement frappe les parties trop grosses contre la cerce du tamis et les réduit à la dimension nécesaire pour qu'elles puissent traverser les mailles. La forme elliptique donnée au plateau imprime au tamis un déplacement sur lui-même, de sorte qu'à chaque oscillation ce sont des points différents des tamis qui choquent les rebords des plateaux. La matière

concassée sur la toile supérieure passe entre les mailles et tombe dans l'espace qui existe entre les deux toiles; les poussières et les grains trop petits sont éliminés par la toile inférieure, et l'on obtient ainsi des grains compris entre deux perces déterminées et aussi rapprochées qu'on le veut.

Cet appareil présente de grands avantages sur le grenage à la main; il ne permet malheureusement pas de séparer les grains formés au fur et à mesure de leur production; aussi l'obligation d'arrêter fréquemment l'appareil pour enlever les grains formés et ajouter une nouvelle charge de matière le laisse bien au-dessous du grenoir à retour; mais cet appareil d'un petit modèle, consommant une force très faible, peut rendre des services dans les essais, avant qu'une fabrication courante soit établie.

VI. — Effilocheuse.

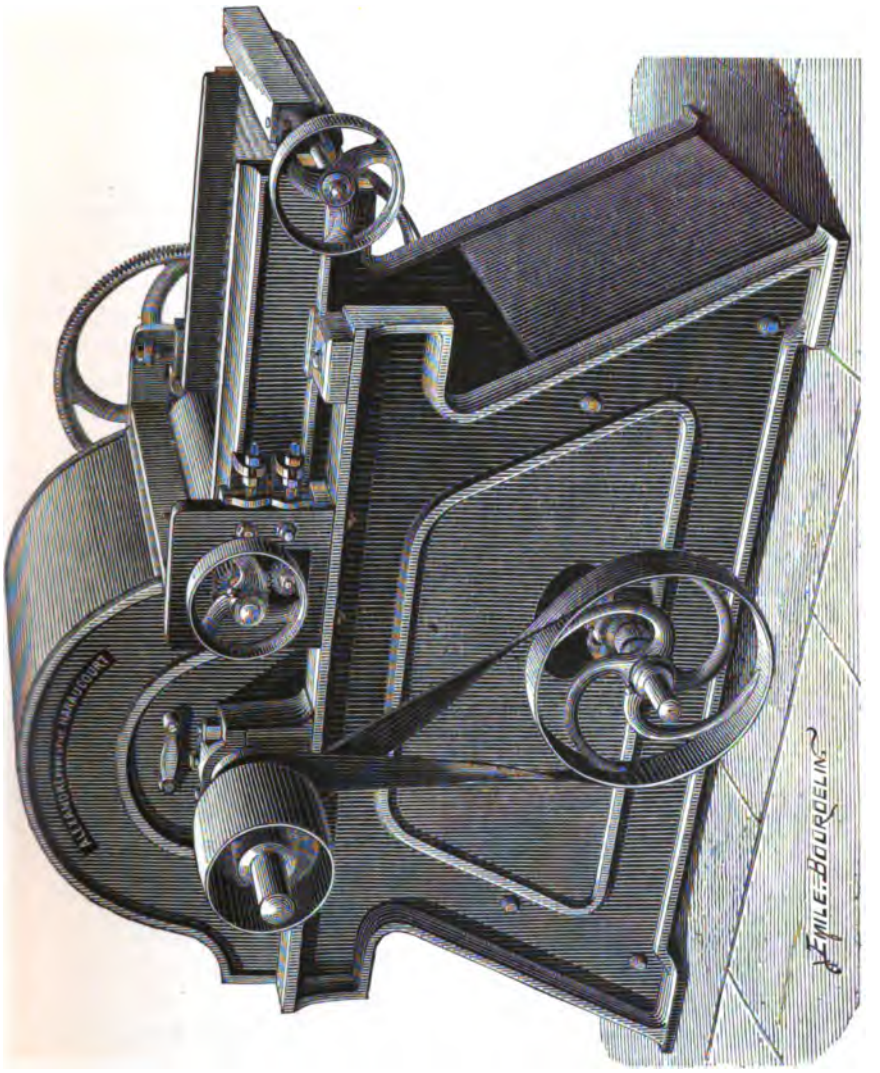
Les déchets de coton employés dans les fabriques de coton-poudre sont expédiés en balles dans les établissements; avant d'en faire usage, il est nécessaire de les trier à la main, opération qui, dans certains cas, paraît pouvoir être supprimée en faisant passer le coton dans une effilocheuse.

L'appareil exposé par MM. Alexandre père et fils, d'Arancourt (Ardennes), se compose essentiellement de deux rouleaux (fig. 13), servant à l'entraînement de la matière, et d'un tambour-carde. Le coton étalé sur une table est engagé entre les deux rouleaux par l'ouvrier qui sert la machine; la matière est immédiatement prise par la carde et rejetée à l'autre extrémité de l'appareil.

Un seul passage suffit pour réduire en ouate des cotons très enchevêtrés; le degré de finesse dépend de la distance que l'on laisse entre les rouleaux et le tambour, distance réglable et qui permet d'obtenir un rendement d'autant plus élevé que le degré de finesse est moins grand.

Avec cette effilocheuse, marchant à la vitesse de 2000 tours en consommant une force de 1 $\frac{1}{2}$ à 2 chevaux, on peut effilocher 200^{kg} de coton et les réduire en ouate en 10 heures de travail; en éloignant les cylindres d'entraînement de la carde d'environ 2^{mm}, la matière produite renferme une quantité plus considérable de fils, mais le poids de coton débité est sensiblement plus élevé.

Fig. 13.



VII. — Piles à papier.

Les expositions de MM. Darblay, d'Essonnes, et de M. de Nayer, de Willebroeck, comprenaient le pilage de la pâte employée dans les machines à papier. La pile de MM. Darblay est une pile ordi-

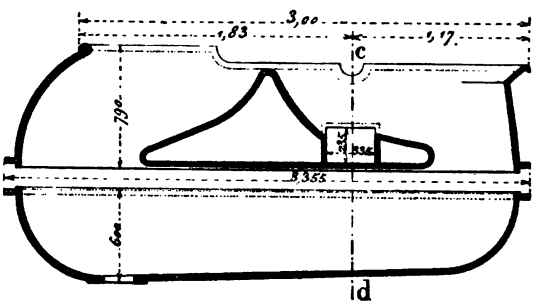
naire d'un petit modèle, mais celle exposée par M. de Nayer présente une particularité.

Dans les piles courantes, la pâte circule dans un bac ayant la forme d'un anneau allongé; les particules qui suivent le contour intérieur, ayant à parcourir un chemin plus court pour revenir sur la platine, sont pilées plus énergiquement que les autres, et la pâte obtenue ne présente pas une homogénéité complète.

Pour obvier à cet inconvénient, M. de Nayer donne à la masse un mouvement tel que toutes les particules restent parallèles entre elles; chacune d'elles passe alors, dans le même temps, le même nombre de fois sur la platine. Cette condition ne pouvant être remplie avec un bac dans lequel la pâte se déplace horizontalement, on la fait circuler dans un plan vertical. La matière, abandonnée par le tambour armé de lames, descend le long d'un plan incliné avant de tomber au fond du bac, d'où elle est rappelée par la rotation même du rouleau, qui tourne à la vitesse de 200 à 210 tours à la minute.

Les plans inclinés sont venus de fonte en même temps que la partie supérieure du bac (*fig.* 14, 15, 16 et 17), ainsi que l'emplacement

Fig. 14.



nécessaire à la platine que l'on fait en acier Bessemer. Cette platine est nivelée à l'aide de coins en bois que l'on règle en tenant compte de l'usure. Le rouleau, dans les grandes piles, mesure 1^{m}, 20 de diamètre; il est constitué par 3 plateaux en fonte, reliant les lames qui sont groupées 3 par 3, et qui ont une épaisseur de 10^{mm}. Le réglage de l'espace réservé entre le rouleau et la platine est obtenu comme dans les piles ordinaires. Cet appareil reçoit, comme les piles à pa-

pier à cuve horizontale, une charge de 300^{kg} de pâte et exige une

Fig. 15.

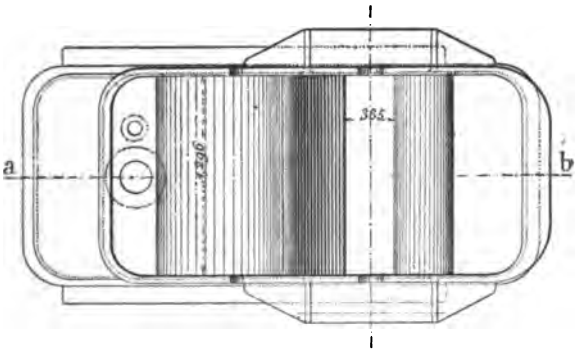
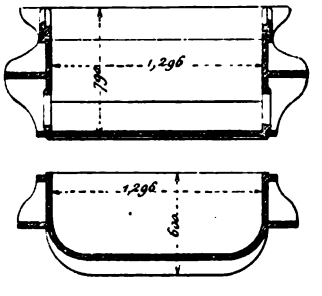


Fig. 16 et 17.



force de 20 chevaux.

VIII. — Triturateur.

Le triturateur de M. Simonet se compose d'une cuve présentant, comme section droite, deux cercles dont la distance des centres est inférieure à la somme des rayons. Dans chacun de ces cylindres se trouve un arbre armé de lames rectilignes ou hélicoïdales; ces arbres tournent à la vitesse de 225 à 250 tours. La matière, qui est introduite par l'une des extrémités de l'appareil, est entraînée par les lames, broyée sur des platines et expulsée à l'autre extrémité de la machine.

Les platines sont constituées par une double enveloppe intérieure, mobile et réglable de l'extérieur à l'aide de vis de calage. Elles

existent sur une grande partie de la longueur des cylindres, et l'on peut augmenter ou diminuer à volonté la puissance du broyage en rapprochant ou éloignant des lames fixes les platines mobiles.

Avec ce triturateur, qui exige une force d'environ 6 chevaux, on peut piler 1500^{kg} de pâte, tandis qu'une pile ordinaire consomme au moins une force de 20 chevaux pour une production équivalente.

L'appareil est robuste, d'un démontage facile; mais son réglage doit présenter certaines difficultés, car il faut placer parallèlement aux axes l'enveloppe intérieure mobile qui porte les platines.

IX. — Appareils divers.

Machine à fabriquer les sacs. — Les cartouches livrées aux mines sont recouvertes d'une enveloppe en papier paraffiné; lorsque la densité de l'explosif est assez considérable, on peut enrouler le papier découpé en feuillets autour de la cartouche comprimée; mais, avec une substance friable, il est nécessaire de préparer à l'avance des étuis et d'introduire dedans les cylindres obtenus à la presse.

Pour une production importante, une machine à fabriquer les étuis présenterait une réelle économie; une seule, confectionnant des sacs ronds, figurait à l'Exposition.

Cette machine, construite par M. Terrot, se compose d'un transporteur qui reçoit un à un les feuillets découpés à l'avance; ce transporteur conduit le feuillet sous l'appareil colleur qui l'enduit par pression de la colle nécessaire. Afin que la colle imprègne convenablement le papier, le feuillet subit 5 temps d'arrêt avant d'arriver au mandrin ; 6 feuillets sont donc toujours en route.

Arrivé au mandrin, le feuillet est saisi, enroulé et collé dans le sens de la longueur; alors l'appareil à confectionner le fond de l'étui applique les unes contre les autres les languettes découpées du feuillet, qui sont pressées et maintenues par un tampon en caoutchouc faisant saillie en ce moment. Un repoussoir placé dans le mandrin fait sortir et tomber l'étui terminé.

Les feuillets employés sont préalablement découpés, soit à l'aide d'une machine à rogner, soit en faisant usage d'une machine spéciale également exposée par M. Terrot. Ils doivent posséder, à

l'une des extrémités, des languettes qui, rabattues et collées, constitueront le fond de l'étui.

La colle, employée chaude, est de la colle ordinaire; sa consommation correspond à une très faible dépense. Cette machine exige une force de $\frac{1}{4}$ de cheval et permet de confectionner 16000 à 18000 étuis en 10 heures de travail.

Écrémeuses. — Dans la fabrication du beurre, on emploie pour séparer la crème du lait des écrémeuses à force centrifuge; ces appareils pourraient également rendre des services dans d'autres industries dans lesquelles il est nécessaire de séparer les liquides qui possèdent des densités différentes; peut-être même permettraient-ils, en opérant à une température bien choisie, de séparer des corps qui sont solides à la température ordinaire et dont les points de fusion sont différents.

Deux écrémeuses à force centrifuge étaient exposées : l'une de Barmeister et Wain, l'autre de Laval.

L'écrémeuse Barmeister et Wain, exposée par M. Hignette, se compose d'un cylindre monté sur un axe vertical qui porte une poulie de commande; à la partie supérieure, le cylindre est divisé en deux parties par une plaque circulaire en forme de couronne, dont la circonférence extérieure est à une faible distance du cylindre et qui est supportée par 3 ailettes.

Sous l'influence de la force centrifuge, les deux liquides se séparent; le liquide dont la densité est la plus forte est poussé vers la circonférence et monte verticalement le long des parois, au-dessus de la plaque circulaire, tandis que le liquide le moins dense reste au-dessous.

En introduisant un tuyau dans la masse au-dessus de la plaque circulaire et un autre dans le liquide moins dense, ces deux liquides sont refoulés séparément au fur et à mesure de l'affluence du mélange liquide que l'on fait arriver dans l'appareil. On peut d'ailleurs régler à chaque instant les positions respectives des tuyaux d'évacuation pendant que la machine fonctionne.

Cet appareil permet d'écrémer 500^{lit} de lait à l'heure, à la vitesse de 4000 tours.

L'écrémeuse Laval, exposée par M. Pilter, présente une forme renflée, où affluent les particules les plus denses; lorsque l'appareil

est en mouvement, un tube fixe pénètre dans l'appareil et aboutit à l'un de ces points. Pour faire usage de cette écrémeuse, on la met en mouvement, et la vitesse de régime étant atteinte, on fait arriver le mélange liquide à séparer. Cette machine se distingue donc de la précédente en ce que les tubes d'évacuation sont fixes.

Avec ces appareils, on est parvenu à augmenter de 15, 20 et même quelquefois 30 pour 100 le rendement en beurre comparativement aux autres procédés précédemment employés.

---

§ II.

APPAREILS D'UN USAGE GÉNÉRAL.

Les appareils réunis dans ce paragraphe sont les ventilateurs, les appareils de séchage, d'épuration des eaux, les machines à glace et les pompes.

I. — Ventilateurs.

Les nombreux ventilateurs qui figuraient à l'Exposition peuvent se partager en ventilateurs à force centrifuge, ventilateurs à hélice, ventilateurs à capacité variable et hydroventilateurs.

a. Ventilateurs a force centrifuge.

Ventilateurs système Ser. — C'est en 1878 que M. Ser a communiqué à la Société des ingénieurs civils un essai de théorie des ventilateurs à force centrifuge, dans lequel ce savant ingénieur a établi les relations qui permettent de déterminer les dimensions d'un ventilateur satisfaisant à des conditions données de pression, de volume d'air débité et de vitesse angulaire.

Depuis cette époque, MM. Geneste, Herscher et C^{ie} d'une part, M. Pinette de l'autre, ont construit des ventilateurs dont les dimensions ont été déterminées d'après les règles théoriques posées par M. Ser.

Les expériences faites sur deux de ces ventilateurs au Conservatoire des arts et métiers par M. Tresca (*Compt. rend.*, 31 mars 1884), celles exécutées par M. François, ingénieur en chef des mines d'Anzin (*Bulletin de la Société minérale*, 15), ont montré les qualités de ces appareils.

On distingue en général les ventilateurs en deux catégories : les ventilateurs aspirants et les ventilateurs soufflants; quelquefois on les classe en ventilateurs à basse, moyenne et haute pression, suivant que la pression atteint 2^{cm}, 10^{cm} ou 20^{cm} d'eau; avec ces appareils, on peut réaliser une pression de 1^{m} d'eau et même de $1^{m},20$. Mais dans ces circonstances on emploie fréquemment des ventilateurs conjugués.

Dans la construction des ventilateurs Ser, l'ailette est un arc de cercle dont la concavité est dirigée dans le sens de la rotation; l'angle formé par cet arc avec la circonférence intérieure est toujours de 45°; avec la circonférence extérieure il s'élève à 135° pour les ventilateurs à moyenne et haute pression; mais il est seulement de 35° à 40° pour les ventilateurs à basse pression. Le nombre des ailettes est en général de 32.

Afin que l'air entre dans le ventilateur sans choc, l'ouïe est constituée par un tore, d'un diamètre égal à la moitié de celui de la turbine, et un peu plus grand que le diamètre intérieur des ailettes. Pour les ventilateurs à haute pression, on augmente un peu la longueur des canaux mobiles, ce qui diminue le rapport du diamètre de l'ouïe à celui de la turbine.

La section des canaux mobiles devant rester constante, la forme donnée aux ailettes dans le sens du rayon est hyperbolique; l'enveloppe extérieure embrasse cette forme en laissant un jeu aussi faible que possible; aussi est-il nécessaire de régler soigneusement l'appareil, afin d'éviter tout frottement des ailettes sur l'enveloppe.

Le tracé extérieur donné à l'enveloppe est déterminé de telle façon que la section en chaque point est égale à la somme des sections qui précèdent; la buse de sortie doit avoir une section égale à celle de l'enveloppe en ce point; elle est prolongée par un diffuseur dont l'inclinaison ne doit pas dépasser $\frac{1}{8}$ pour que la veine fluide s'écoule en pleine section.

Dans les expériences exécutées par M. Tresca sur deux ventilateurs, l'un soufflant de $0^{m},50$ de diamètre, débitant $2^{mc},361$ par seconde en produisant une pression de $93^{mm},6$ d'eau et consommant $4^{chx},726$, l'autre aspirant de 2^{m} de diamètre, produisant une dépression de $93^{mm},44$ d'eau, en débitant $28^{mc},811$ par seconde et consommant $43^{chx},3$, on a obtenu les résultats suivants (*Compt. rend.*, 31 mars 1884) :

1° Le rapport de la différence de pression observée à la pression qui correspond à la vitesse à la périphérie des ailettes a varié de 1,855 à 2,368, suivant les dimensions et les détails de construction.

2° Le volume d'air débité par l'appareil est sensiblement égal à celui donné par la formule théorique; ce rendement volumétrique est resté compris entre 0,94 et 1; ce volume est égal à 10 fois environ celui qui est engendré par les ailettes dans la rotation.

3° L'effet utile dynamométrique a varié de 0,604 à 0,828, suivant les diamètres et le mode de construction.

Ventilateurs de M. Farcot. — La courbe admise par M. Farcot pour les ailettes de son ventilateur fait avec le rayon passant par chacun de ces points un angle constant de 45°; c'est donc une spirale logarithmique. Pour que la section des canaux mobiles soit constante, il faut donner à l'ailette dans le sens de la longueur une forme hyperbolique.

M. Farcot prend en général, comme diamètre de l'ouïe, le diamètre intérieur des aubes mobiles qui est variable, suivant qu'on veut construire un ventilateur à basse ou à haute pression; le rapport de ce diamètre à celui de la turbine est égal à $\frac{1}{2}$ ou à $\frac{1}{3}$ dans les ventilateurs à basse pression, et il est réduit à $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ pour les hautes pressions, ce qui augmente la longueur des canaux mobiles, comme dans les ventilateurs du système Ser.

La forme même de l'aube n'influe pas sur les conditions de fonctionnement d'un ventilateur, puisque les seuls éléments qui entrent dans les relations sont les angles formés par l'ailette avec les tangentes aux cercles intérieur et extérieur qui limitent les ailettes; aussi est-ce l'enveloppe extérieure qui différencie les ventilateurs de ce constructeur de ceux du système Ser.

Dans les ventilateurs construits par MM. Geneste, Herscher et C^ie^, la cage présente la forme d'un limaçon; M. Farcot, au contraire, forme l'enveloppe de ses ventilateurs à basse pression avec une couronne très rapprochée de l'extrémité des aubes et présentant un certain élargissement sur les côtés; M. Farcot estime qu'il réalise ainsi une égalité de pression sur les deux faces de chaque ailette, ce qui doit augmenter le rendement; aussi limite-t-il à $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{10}$ du diamètre de l'ouïe l'épaisseur de la lame d'air comprise entre la turbine et l'enveloppe.

Dans les ventilateurs à haute pression, l'élargissement latéral de la cage n'existe plus, l'enveloppe épouse la forme même de la turbine afin d'éviter les remous, mais l'espace libre est toujours plus faible que dans les ventilateurs du système Ser.

Lorsque le nombre des ailettes est grand, leur rapprochement est un obstacle à toute réparation; dans ce cas, M. Farcot sacrifie l'égalité de section dans le parcours de l'air dans les canaux mobiles, et il corrige ce défaut, paraît-il, en rapprochant l'enveloppe extérieure de la turbine.

Un ventilateur Farcot de $1^{m},50$ de diamètre, débitant 1^{mc} d'air par seconde, fonctionnait à l'Exposition en tournant à la vitesse de 1400 tours; il produisait dans une conduite en tôle de 100^{mm} de diamètre une pression de 1^{m} d'eau constatée à l'aide d'un manomètre. Le diamètre de l'ouïe mesurait 25^{cm}; il était donc égal à $\frac{1}{8}$ de celui de la turbine; l'écart existant entre la circonférence extérieure des aubes et l'enveloppe était égal à $\frac{1}{10}$ du diamètre, soit $0^{m},15$.

La courroie de commande, de 180^{mm} de largeur, montée sur la poulie du ventilateur qui mesurait 400^{mm} de diamètre, pouvait transmettre 40 chevaux ; le travail utile étant égal à $1 \times 1000^{mm} = 1000^{kgm}$, soit $13^{chx},3$, le rendement de ce ventilateur était de 33 pour 100, en admettant que toute la force que pouvait transmettre la courroie était utilisée.

Ventilateurs de M. d'Anthonay. — M. d'Anthonay construit également des ventilateurs soufflants et des ventilateurs aspirants. Les premiers se rapprochent sensiblement des ventilateurs de M. Farcot, les seconds sont des ventilateurs à réaction. Ces aspirateurs tournent à l'air libre ; ils se composent d'une turbine dont les aubes se prolongent pour former une roue à réaction ; l'inclinaison des aubes est en sens inverse du mouvement de rotation, afin de n'évacuer l'air qu'avec une très faible vitesse absolue.

D'après des expériences faites, on a trouvé que la dépression obtenue correspond à la vitesse du point des aubes situé au jarret de la courbe, jarret placé, en général, à une distance du centre égale aux $\frac{8}{10}$ du rayon de la turbine.

D'après le constructeur, le rendement obtenu avec ces appareils s'élève à 70 pour 100.

Ventilateurs conjugués. — Les ventilateurs conjugués permettent, avec un débit invariable, d'augmenter la pression : un premier ventilateur prend l'air dans l'atmosphère et le chasse à une pression déterminée ; pour augmenter cette pression, on fait arriver l'air évacué dans l'ouïe d'un second ventilateur qui a pour fonction d'augmenter seulement la pression. Mais, si l'air pénétrait dans ce second ventilateur avec sa vitesse de sortie du premier, il posséderait la vitesse même des aubes et l'appareil ne produirait aucun effet ; aussi la liaison entre les deux appareils est-elle faite avec un diffuseur qui, tout en conservant la pression, ramène la vitesse d'écoulement à ce qu'elle est lorsqu'elle entre librement dans les aubes d'un ventilateur ordinaire. Dans ces conditions, le second ventilateur prend de l'air à une pression supérieure à la pression ambiante et le chasse avec un accroissement correspondant à son régime. La somme des augmentations de pression, dues à l'emploi de deux ventilateurs, permet de réaliser une pression très supérieure à celle que l'on obtient avec un seul appareil.

b. Ventilateurs a hélice.

Ventilateurs de MM. Geneste, Herscher et C^ie^. — Les ventilateurs à hélice construits par MM. Geneste, Herscher et C^ie^ sont formés par une enveloppe tronconique dans laquelle tourne un noyau portant des ailettes hélicoïdales. La conicité de l'enveloppe, qui est telle que la surface de sortie soit les $\frac{11}{10}$ de celle d'entrée, a pour but de tenir compte de l'action de la force centrifuge qui tend à éloigner les molécules d'air de l'axe de rotation. Cet appareil est muni de deux cônes fixes, l'un d'entrée qui guide l'air vers les ailettes, l'autre de sortie qui forme une espèce de diffuseur ayant pour but d'empêcher les remous ; cette dernière surface est déterminée par expérience : elle se rapproche d'un ellipsoïde dont l'allongement est fonction de la vitesse de rotation ; elle représente l'ensemble des points qui sont à la pression atmosphérique ; à l'intérieur de cette surface la pression est inférieure et au dehors supérieure à la pression ambiante.

Le noyau central, entraîné dans le mouvement du ventilateur monté sur un disque plein, a pour but de s'opposer aux courants rentrants ; son épaisseur, égale à celle de la couronne extérieure, est le douzième du pas de l'hélice.

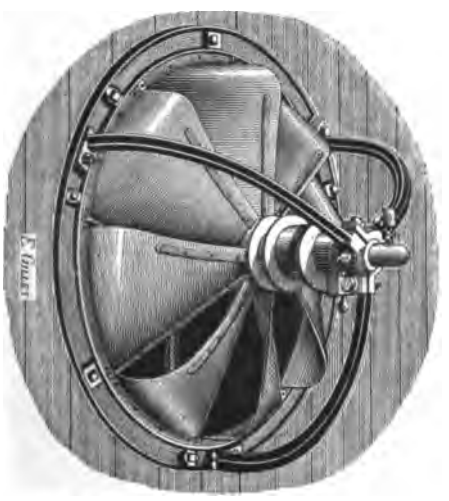
D'après les constructeurs, cet appareil, muni de 8 ailettes inclinées à 45°, peut produire une pression de 4^{mm} à 5^{mm} d'eau, avec un rendement de 25 pour 100.

Ce sont des ventilateurs de ce type que la maison Geneste, Herscher et C^ie^ a proposés pour l'aspiration des vapeurs acides. La carcasse du ventilateur est alors formée par une tôle mince recouverte d'une couche d'ébonite. Ce dépôt est obtenu soit en étendant à chaud l'ébonite, soit par compression ; dans ce dernier cas, la tôle est perforée, et la compression, en faisant pénétrer l'ébonite dans les trous, donne plus d'homogénéité à l'ensemble.

Il paraît que cette préservation des surfaces métalliques peut être obtenue en recouvrant toutes les parties d'un ventilateur d'une dissolution de gomme laque dans l'alcool : ce vernis, qui résiste au moins quinze jours à l'action des vapeurs acides, est facilement renouvelable.

Ventilateur Blackman (*fig.* 18). — Le ventilateur Blackman

Fig. 18.



se compose d'un cercle en fonte servant de bâti, sur le pourtour duquel sont boulonnés des bras portant les supports de l'arbre de commande. Sur cet arbre est fixé un moyeu en fonte portant les ailes en tôle, réunies à leur périphérie par un cercle en fer forgé.

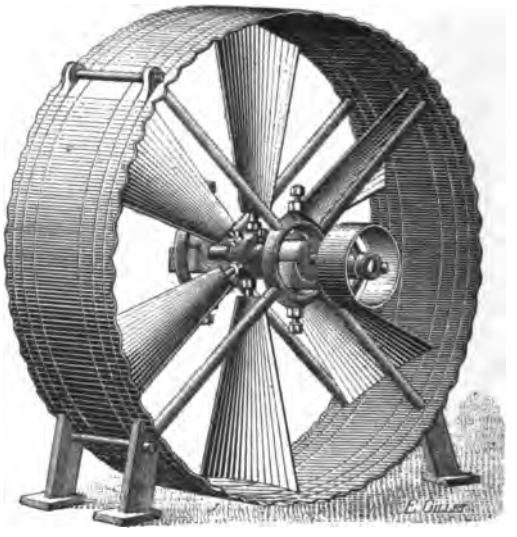
Les ailes sont des surfaces hélicoïdales dont l'inclinaison est déterminée de façon à éviter les chocs à l'entrée de l'air, à neutraliser l'effet de la force centrifuge due à la rotation, et à donner à l'air une vitesse et une direction uniformes dans un sens perpendiculaire au plan de rotation.

D'après les constructeurs, les ventilateurs de ce système, qui ne peuvent pas produire une pression supérieure à 30^{mm} d'eau, donneraient les résultats suivants :

DIAMÈTRE.	SURFACE d'aspiration.	SURFACE de refoulement.	NOMBRE de tours par minute.	MÈTRES CUBES mis en mouvement par minute.	FORCE en chevaux nécessaire
m	m	m			
0,60	0,50	0,29	800	182	$\frac{1}{2}$ cheval
0,90	1,08	0,65	650	407	1 »
1,20	1,90	1,16	500	718	2 chevaux

Ventilateur de Wing. — Le ventilateur à disque de Wing (*fig.* 19) est formé par une couronne en tôle soutenue par deux

Fig. 19.



croisillons qui portent les coussinets de l'axe de rotation. Cet arbre

est muni en son milieu d'un plateau dans lequel sont vissées 6 tiges en fer, sur le plat desquelles on fixe les ailettes du ventilateur. Comme ces tiges peuvent être arrêtées dans toutes les positions à l'aide d'écrous, on dispose de l'orientation des ailettes, ce qui permet, sans changer la courroie de commande, de produire l'aspiration d'un côté du ventilateur ou de l'autre, par l'ajustement seul des lames.

Les ailettes, au nombre de 6, sont des surfaces hélicoïdales.

On obtient, d'après les constructeurs, les résultats suivants avec ces ventilateurs :

DIAMÈTRE.	NOMBRE DE TOURS par minute.	VOLUME DÉBITÉ par minute.	FORCE (1).
m			
0,30	1000 à 2000	42 à 84	$\frac{1}{16}$ à $\frac{1}{4}$
0,45	700 à 1500	84 à 168	$\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{2}$
0,60	600 à 1200	126 à 252	$\frac{1}{4}$ à $\frac{3}{4}$
1,05	400 à 800	504 à 1008	1 à $3\frac{1}{2}$
1,50	400 à 550	1198 à 1680	$2\frac{1}{2}$ à 6

(1) Le cheval-vapeur anglais vaut 7604^{kgm}.

c. Ventilateurs a capacité variable.

Ventilateur Roots. — Le ventilateur Roots, bien connu, est établi par un certain nombre de constructeurs ; son bon fonctionnement nécessite un ajustage soigné.

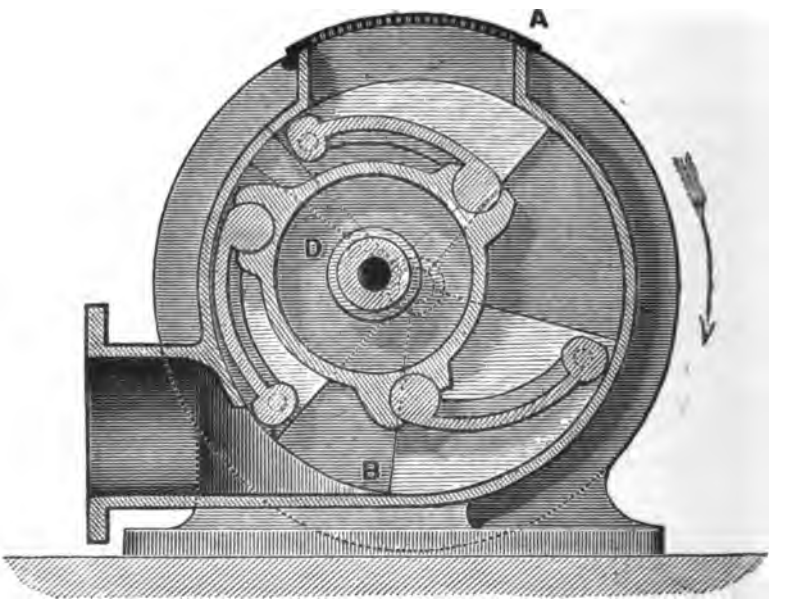
Les derniers perfectionnements apportés à ce ventilateur par la Société « Le Phénix », de Gand, consistent dans l'exécution en une seule pièce de chacune des parties tournantes intérieures de l'appareil et dans l'ajustage très précis de toutes les pièces en mouvement, qui doivent être aussi rapprochées que possible sans être en contact.

Avec ces ventilateurs, on peut atteindre une pression d'environ 9^{cm} de mercure, soit $1^{m},18$ d'eau.

Machine soufflante, système Skinner (*fig.* 20). — La Société « The patent pump and blower syndicate » avait exposé une machine soufflante, système Skinner, qui se compose d'un cylindre extérieur fermé à chaque extrémité par un couvercle et pourvu

d'orifices d'entrée et de sortie. A l'intérieur de ce cylindre se trouve un tambour tournant autour d'un axe qui ne coïncide pas avec celui du cylindre extérieur. Les extrémités externes de lames attachées

Fig. 20.



à la surface de ce tambour pivotent sur des plaques ayant la forme de secteurs. Ces secteurs tournent eux-mêmes autour de l'axe du cylindre.

Lorsque l'appareil est en mouvement, la rotation du tambour intérieur entraîne les lames qui agissent à leur tour sur les secteurs ; ces derniers, éloignés l'un de l'autre au moment où ils passent devant l'orifice d'admission, se rapprochent de plus en plus par suite de l'excentricité de l'axe du tambour, par rapport au centre de la section du cylindre extérieur. Lors de leur passage en face de l'orifice d'évacuation, les deux secteurs consécutifs sont au contact.

L'air aspiré entre deux secteurs consécutifs au moment du passage devant l'orifice d'admission est donc d'abord comprimé, puis chassé par la buse d'évacuation cette aspiration et ce refoulement

sont répétés 3 fois par révolution de l'axe du tambour, l'appareil étant doté de ce nombre de secteurs.

Avec une machine soufflante de ce système, mesurant 381^{mm} sur 305^{mm}, on peut, d'après les constructeurs, débiter environ 8^{mc}, 5 d'air à la minute, à la vitesse de 350 tours.

d. Hydroventilateurs.

Aérophore. — L'appareil se compose d'une roue motrice horizontale actionnée par la force vive de l'eau provenant d'une conduite générale ou mise en charge à l'aide d'une pompe. L'eau est amenée par un ou plusieurs jets qui frappent normalement les dents de la roue et lui communiquent un mouvement rapide de rotation.

Sur l'axe de la roue sont fixées 4 ailettes, découpées en cœur et dont la surface est celle d'une portion d'hélicoïde. Sous l'influence de la rotation qui atteint 1000 tours par minute avec des roues inférieures à 400^{mm} et ne dépasse pas 800 tours pour des diamètres supérieurs, ces ailettes font un appel d'air assez important. D'après les renseignements fournis par la Société française de ventilation, avec une roue de 400^{mm} de diamètre, l'appareil débite de 1150^{mc} à 1300^{mc} d'air à l'heure, ce qui correspond à une vitesse de 2^{m}, 5 à 2^{m}, 8, la consommation d'eau s'élevant à 250^{lit} à l'heure sous la pression de 3^{kg} à 4^{kg}.

Avec les plus grands modèles, on peut atteindre un débit de 5000^{mc} à l'heure, avec une dépense de 600^{lit} d'eau.

L'eau qui est utilisée dans l'appareil comme force motrice est recueillie après son travail et peut être employée à tous les usages.

Les dispositions de l'appareil se prêtent assez facilement aux diverses exigences de la pratique au point de vue de leur installation; se composant d'un arbre tournant sur un pivot fixe, l'entretien est faible et l'avantage principal de l'aérophore est qu'avec une pression d'eau suffisante, il suffit d'ouvrir ou de fermer un robinet pour faire fonctionner l'appareil ou l'arrêter.

Hydroventilateur de M. Dulait. — L'hydroventilateur de M. Dulait se compose d'un axe sur lequel on a monté à la fois une petite turbine à eau et les ailettes qui doivent produire l'aspiration.

La turbine est placée dans une boîte close, reliée à l'enveloppe du ventilateur proprement dit par 3 bras, dont 2 sont creux et servent à l'arrivée et à l'évacuation de l'eau nécessaire. Les ailettes tournent dans un petit cylindre disposé de manière à pouvoir être fixé facilement dans un endroit quelconque.

Cet appareil fonctionne sous une pression moyenne de $3^{m/m}$; suivant son diamètre, il peut déplacer de 80^{mc} à 2500^{mc} d'air par heure en consommant 1^{lit} d'eau par 5^{mc} d'air déplacé; il est muni d'un régulateur de consommation d'eau permettant de régler la dépense d'eau proportionnellement à la quantité d'air débitée.

e. Divers.

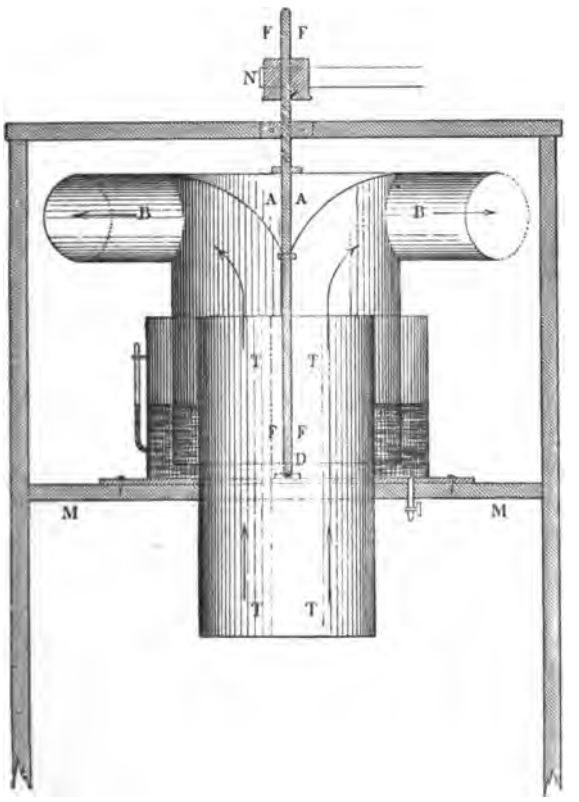
Ventilateur Gourdan. — Le ventilateur de M. Gourdan de Fromentel se compose de deux parties, l'une fixe, l'autre mobile : la partie fixe est constituée par une cuve circulaire à deux parois concentriques et à fond annulaire étanche (*fig.* 21). La partie centrale descend au-dessous de la cuve et forme le tube aspiratoire T; une traverse en fer M, placée à la base de la cuve, dans l'espace vide du tube aspirateur et suivant un diamètre, porte en son milieu D une crapaudine qui reçoit l'extrémité inférieure d'une tige centrale F, jouant le rôle d'axe de rotation de la partie mobile du ventilateur. Cette dernière est formée par un cylindre fermé à sa partie supérieure et ouvert à sa base. Deux bras B, aboutissant à des ouvertures latérales pratiquées aux extrémités d'un même diamètre dans la portion supérieure du cylindre mobile, sont limités à leurs extrémités libres par des sections obliques faisant un angle de 25° à 30°. Le fond supérieur de ce cylindre mobile est garni intérieurement par une surface de révolution A, à axe vertical, qui a pour but de diriger dans les bras le courant d'air aspiré.

La somme des sections des deux bras est égale à la section du tube aspirateur, et leur longueur est un peu supérieure au diamètre de ce même tube.

La cuve annulaire étant remplie d'eau, on fait tourner le cylindre mobile supérieur à l'aide d'une poulie N, calée à la partie supérieure de l'axe de rotation, et il s'établit une aspiration assez énergique.

Le ventilateur Gourdan qui était exposé avait un tube aspirateur de $0^{m},50$ de diamètre; il tournait à la vitesse de 300 tours; dans ces conditions, en présentant à la partie inférieure du tube

Fig. 21.



un plateau recouvert d'une couche d'ouate, l'appel était suffisant pour retenir ledit plateau, pesant 1130^{gr} et portant une surcharge de 7^{kg}. L'aspiration produite correspond à une dépression de 41^{mm} d'eau environ.

II. — Appareils de séchage.

Les appareils qui pourraient être utilisés pour le séchage des explosifs et qui figuraient à l'Exposition ont été réunis dans un premier paragraphe; dans un second, on a décrit les appa-

reils accessoires employés dans l'établissement des conduites de vapeur.

a. Appareils de séchage proprement dits.

Aérocondenseur de M. Fouché. — L'aérocondenseur de M. Fouché se compose d'un faisceau de tubes verticaux assemblés dans deux plaques en tôle sur lesquelles viennent se boulonner deux calottes creuses en fonte, de manière à former à chaque extrémité des tubes une chambre où ils aboutissent tous. Un ventilateur à hélice lance un violent courant d'air sur les parois extérieures de ces tubes. La vapeur, pénétrant dans la chambre supérieure, se distribue dans les tubes verticaux et s'y condense sous l'action du courant d'air qui passe autour de ces tubes. L'eau qui s'est ainsi produite se réunit dans la chambre inférieure, d'où elle est extraite à l'aide d'une pompe. Il se forme ainsi dans l'aérocondenseur un vide, qui peut s'élever à 65^{cm} et même 70^{cm} de mercure.

Dans l'appareil qui figurait à l'Exposition, le ventilateur à hélice mesurait 2^{m} de diamètre; il pouvait débiter, à la vitesse de 150 tours à la minute, 25000^{mc} d'air à l'heure, ou 33000^{mc} à la vitesse de 200 tours, la dépression produite étant d'environ 6^{mm} d'eau, et le rendement s'élevait à 35 ou 40 pour 100.

Dans ce ventilateur, l'air est dirigé sur les aubes à l'aide d'un cône dont le diamètre est égal au tiers de celui de la turbine; de plus, l'appareil tourne dans une cage dont la couronne extérieure forme joint sur un carton, afin d'éviter les rentrées d'air.

Pour constituer le condenseur, on fait généralement usage de tubes de 18^{mm} de diamètre intérieur et 1^{mm} d'épaisseur; les tubes sont en fer, étirés et soudés à recouvrement; ils sont mandrinés dans les deux plaques qui limitent les chambres; on pourrait employer des tubes en laiton, mais la dilatation de ce métal est plus grande et les tubes seraient plus difficiles à fixer.

M. Fouché détermine l'espacement des tubes de manière à laisser une surface libre suffisante pour le passage de l'air; la surface de chauffe est calculée d'après les résultats expérimentaux trouvés par cet inventeur, qui a constaté que la quantité de chaleur transmise, par heure et par mètre carré de surface, par des tuyaux en fer parcourus intérieurement par un courant de vapeur

et sur lesquels on fait arriver un courant d'air transversal, est de 14^{cal}, 15 lorsque la vitesse de l'air est de 1^{m},87 par seconde, et que ce nombre de calories s'élève à 23,90 pour une vitesse de 4^{m},30.

Aérocalorifère de M. d'Anthonay. — L'aérocalorifère de M. d'Anthonay résulte du groupement d'un calorifère à air chaud ou à vapeur et d'un ventilateur. L'air refoulé par le ventilateur vient lécher la surface extérieure des tuyaux ordinaires ou à ailettes, dans lesquels circule l'air chaud ou la vapeur, et cet air, échauffé par le contact, est ensuite dirigé vers les locaux dans lesquels il doit être distribué. Le débit du ventilateur dépend, bien entendu, de la surface de chauffe dont on dispose; on compte généralement sur 150^{mc} par 36^{mq} de surface de chauffe.

Procédés de M. Piet. — Les procédés de séchage préconisés par M. Piet, et réalisés à la poudrerie militaire du Bouchet, sont fondés, l'un sur l'emploi de la vapeur, l'autre sur celui de l'eau chaude. Étant donnée une salle à chauffer, on établit le long de trois de ses côtés une série de tubes verticaux communiquant tous, à leur partie supérieure et à leur partie inférieure, avec deux conduites d'un plus gros diamètre, servant, l'une à amener la vapeur, l'autre à évacuer l'eau condensée.

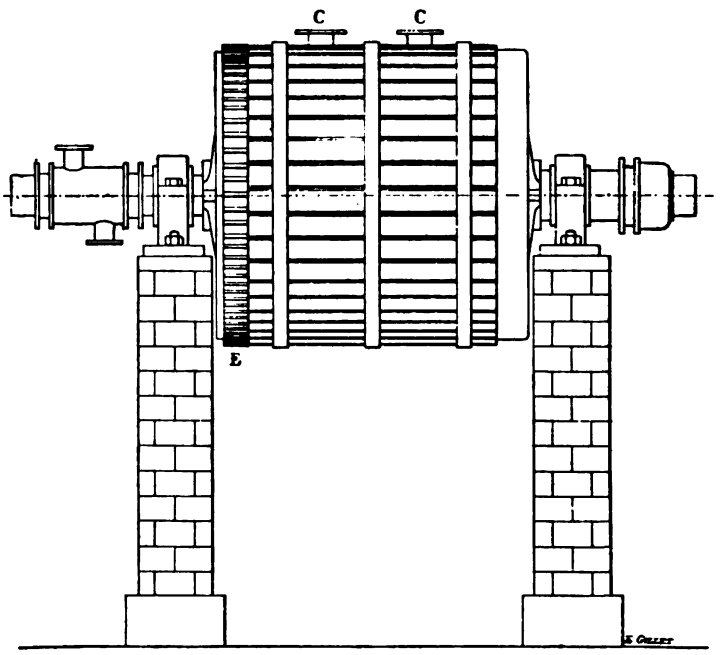
L'élévation de température ainsi produite est suffisante, paraît-il, pour dessécher les corps placés dans cette salle.

Le procédé dans lequel on utilise l'eau chaude est sensiblement le même que celui employé dans le service des poudres et installé par MM. Geneste, Herscher et C^{ie}, pour le séchage du coton-poudre.

Appareil de MM. Donard et Contamine. — MM. Donard et Contamine ont exposé un appareil (*fig.* 22 et 23) permettant d'opérer le séchage de matières organiques, en faisant agir à la fois le vide et la chaleur. Un cylindre en fer ou en fonte, de 2^{m},50 de diamètre, est terminé à ses deux extrémités par des plateaux à double fond H. Les parois intérieures de ces plateaux sont reliées entre elles par de nombreux tubes en cuivre étamé B, présentant une surface totale de chauffe de 59^{mq}, dans lesquels on fait circuler un courant de vapeur ou d'eau chaude.

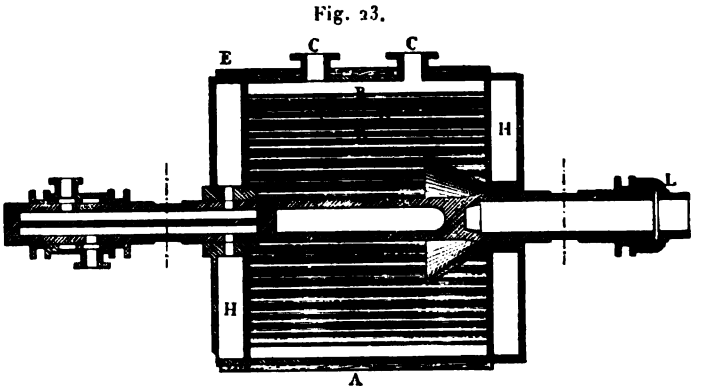
Un arbre creux, qui traverse l'appareil et lui sert d'axe horizon-

Fig. 22.



tal de rotation, permet d'envoyer la vapeur par l'un des fonds.

Fig. 23.



tandis que l'autre extrémité du même arbre est utilisée comme conduite d'aspiration.

La surface extérieure du cylindre est munie d'une couronne dentée E qui reçoit l'action d'un pignon moteur.

Des ouvertures spéciales C, ménagées dans la surface cylindrique, permettent d'effectuer le chargement; dès qu'il est réalisé, un éjecteur puissant commence à faire le vide et une pompe à condenseur l'entretient ensuite. L'aspiration est faite dans l'intérieur de l'appareil par l'intermédiaire d'un cône communiquant à l'aide d'une fenêtre avec la partie centrale de l'arbre de rotation, qui est évidé.

Le double fond dans lequel pénètre la vapeur est partagé en deux parties par une cloison diamétrale; la vapeur, dirigée dans l'un de ces compartiments, se répand dans les tubes qui y aboutissent et se rend ainsi dans le second double fond, pour traverser ensuite la série des tubes non échauffés et venir se condenser dans une poche spéciale.

Le mouvement de rotation (3 à 5 tours par minute) permet de mettre les différentes parties de la charge en contact avec les tubes, ce qui facilite l'opération.

Jusqu'à présent, cet appareil n'a été utilisé que pour la dessiccation de tourteaux contenant 50 pour 100 d'eau. La matière est broyée et tamisée à la perce de 2^{mm}, afin de l'amener à un état de division suffisant pour que la chaleur puisse agir rapidement sur toute la masse.

Séchoir de M. Dehaitre. — Le séchoir à laines de M. Fernand Dehaître se compose d'un long couloir à chaque extrémité duquel aboutit un chemin perpendiculaire.

Dans ce couloir, un ventilateur chasse un violent courant d'air, qui, après avoir parcouru toute la longueur de la galerie, s'échappe par des cheminées. L'air, avant de parvenir au séchoir, traverse une batterie de tubes horizontaux dans lesquels on fait circuler un courant de vapeur; il pénètre donc dans le couloir avec une certaine température.

La matière à sécher est disposée par couches de 10^{cm} d'épaisseur sur des casiers légèrement inclinés, de 2^{m} de longueur sur 1^{m} de largeur, portés par des wagonnets; chaque wagonnet reçoit ainsi une charge de 18^{kg} à 20^{kg}.

La longueur du couloir permet d'en disposer 7 à la suite les

uns des autres, ce qui porte à 140^{kg} la quantité de matière soumise à chaque instant au séchage.

Le couloir est fermé par des portes aux emplacements où les chemins perpendiculaires aboutissent. Lorsque la matière du wagonnet le plus rapproché de l'entrée de l'air chaud est sèche, on l'enlève et l'on introduit immédiatement à l'autre extrémité une nouvelle charge, qui, au fur et à mesure de l'enlèvement des wagonnets, se rapproche de plus en plus de l'arrivée d'air chaud et se trouve en contact par sa marche même avec un air de moins en moins chargé d'humidité.

Avec ce procédé, on peut sécher en 14 heures 1000^{kg} de matières, tout en ne maintenant dans l'intérieur de l'appareil qu'une charge de 140^{kg}. La quantité d'eau évaporée par kilogramme de charbon brûlé est de $2^{kg},5$ à 3^{kg}.

Tuyaux à ailettes. — Les tuyaux à ailettes, qui sont de plus en plus employés pour le chauffage, présentent de petites différences, suivant le constructeur qui les fabrique; on paraît avoir abandonné l'emploi d'ailettes fondues avec le tuyau même, pour faire usage de lames rapportées.

Les lames à empattement sont soudées sur les tuyaux en fonte ou en fer; la soudure employée est un mélange de 1^{kg} de fonte en grenaille fine avec 10^{gr} d'une dissolution d'acide acétique au dixième; la liaison est obtenue par matage.

Le profil donné aux lames est très variable; la maison Geneste. Herscher et C^ie^ a adopté une forme rectangulaire excentrée par rapport au tuyau.

La hauteur de la lame au-dessus du tuyau est seulement de 20^{mm}, alors qu'au-dessous elle mesure 70^{mm}; l'air, en montant, se trouve au contact d'une surface de plus en plus chaude jusqu'au moment où il rencontre le tube; il doit atteindre là son maximum de température et, afin d'éviter dans la suite de son ascension son contact avec des surfaces à une température moindre, on a limité la hauteur de la lame à une faible distance au-dessus du tuyau. Groupés, ces tuyaux à ailettes constituent de véritables calorifères.

Distribution de vapeur de M. Grouvelle. — Dans le chauffage à la vapeur on alimente généralement les appareils à plein tuyau

sous une pression régulière et l'on règle l'introduction par la manœuvre d'un robinet, c'est-à-dire par la variation de la section d'admission de la vapeur.

Le système de M. Grouvelle, tout différent, est basé sur l'emploi d'une section invariable et, comme conséquence, sur la variation de la pression en arrière de cet orifice.

L'appareil est un véritable robinet de jauge, analogue à ceux employés dans les distributions d'eau; il est constitué par une plaque ou diaphragme percé d'un orifice d'une section suffisante pour donner passage au poids de vapeur nécessaire à l'alimentation de l'appareil dans le cas de la dépense moyenne.

M. Grouvelle a déterminé expérimentalement les diamètres qu'il faut donner aux orifices pour obtenir un débit déterminé sous l'effort d'une certaine pression; cette pression initiale étant connue, on peut en déduire le diamètre de l'orifice à adopter.

L'écoulement de la vapeur et, par suite, la température dépendent de la pression initiale; si la température s'abaisse, on relève progressivement la pression de manière à fournir un plus grand poids de vapeur; si elle monte, la pression initiale est diminuée et, en même temps, le poids de vapeur.

Une pièce type permet au chauffeur de régler la pression qu'il doit maintenir : un thermomètre à maximum et à minimum, installé dans cette pièce, communique avec un voyant placé dans la chambre de la chaudière; le chauffeur laisse d'abord monter la pression jusqu'à ce que le voyant qui communique avec le maximum apparaisse, puis il la diminue de manière à se tenir constamment dans l'intervalle fixé à l'avance des deux températures extrêmes.

Régulateur automatique de M. Grouvelle. — Cet indicateur peut être supprimé par l'emploi du régulateur automatique exposé par M. Grouvelle : dans la pièce chauffée à la vapeur, on dispose un thermomètre constitué par 3 tiges d'acier placées autour d'une tige de bronze; ces 4 lames rigides sont fixées à un chapeau supérieur immuable. Sous l'influence de la variation de température, la différence de dilatation des corps employés permet de faire agir les 3 tiges sur un levier dont le rapport des bras est égal à 20. Le mouvement du grand bras commande ainsi un

prifice d'écoulement de gaz d'éclairage dont il modifie la section de passage.

La conduite de gaz dont l'écoulement est ainsi réglé va alimenter un bec placé dans la salle de la chaudière; ce bec brûle dans une espèce de cheminée également formée de tringles verticales faites avec des métaux différents; ces tringles, qui sont encore réunies par l'intermédiaire d'un chapeau supérieur fixe, possédant des coefficients de dilatation différents, s'allongent inégalement, et la différence des allongements est utilisée pour commander directement l'admission de vapeur dans la conduite.

Régulateur de température de MM. Geneste, Herscher et C^ie^. — Il suffit de signaler pour mémoire, cet appareil étant employé dans le service des poudres, le régulateur de température de MM. Geneste, Herscher et C^ie^, dont les éléments figuraient à l'Exposition.

Thermomètres avertisseurs. — Le thermomètre avertisseur de MM. Richard frères est un thermomètre à cadran, muni de 2 tiges fixes limitant la course de l'aiguille qui, au moment de son contact avec l'une ou l'autre borne, actionne une sonnerie électrique. Cet appareil, qui est employé dans les sucreries pour la diffusion, dans les distilleries, brasseries, est établi au moyen d'un récipient formé d'un culot cylindrique métallique dans lequel se trouve une série de membranes montées l'une sur l'autre, la supérieure étant soudée sur le bouchon du culot. On remplit de liquide l'espace qui se trouve entre les membranes et le culot métallique, et la membrane inférieure, qui totalise le mouvement de toutes les autres, est reliée à un système indicateur par une tige centrale.

Cet appareil, qui paraît robuste, est un progrès sur les thermomètres avertisseurs en verre, qui sont d'un maniement délicat et d'une grande fragilité; il reste à vérifier si la membrane à soufflet résiste facilement et pendant longtemps aux mouvements produits par les variations de température; la forme cylindrique donnée à la portion de l'appareil qui plonge dans le milieu dont on veut connaître la température se prête facilement aux applications.

Transmission à distance. — La Société d'encouragement pour l'industrie avait ouvert en 1887 un concours international pour la transmission à distance de la température ; les deux lauréats, MM. Richard frères et Parenthou, avaient exposé les appareils qui avaient valu à chacun d'eux un prix de 1000^{fr}.

L'appareil de MM. Richard frères se compose de 2 postes : l'un comprend un thermomètre à cadran dont l'aiguille indicatrice est comprise entre les deux bras d'une fourche métallique dont les deux côtés sont isolés l'un de l'autre.

Cette fourche est montée à l'extrémité d'une seconde aiguille placée concentriquement au-dessus de celle de l'instrument ; les mouvements de la première sont donc bornés par les bras du cavalier, qui sont l'objet d'un contact dès que l'aiguille proprement dite se déplace dans un sens ou dans l'autre.

Chaque bras de la fourche communique, à l'aide de fils électriques, avec une pile et un électro, constituant ainsi deux circuits complètement isolés. Dans ces conditions, le courant passe dans l'un ou dans l'autre des électros du récepteur quand l'aiguille du thermomètre touche à l'un ou l'autre côté de la fourchette.

Dans le récepteur, chaque électro commande un rouage d'horlogerie et agit par cet intermédiaire sur la roue d'un engrenage différentiel dont le pignon commande le style enregistreur. Lorsqu'un des électros est aimanté par le passage du courant, il déclenche le rouage qu'il commande et le style de l'enregistreur se déplace d'une division ; en même temps, il plonge un doigt métallique dans un godet de mercure et produit ainsi la fermeture d'un circuit fourni par une seconde pile indépendante de la première. Ce second courant qui retourne au thermomètre agit sur un électro qui a pour fonction de déplacer l'aiguille portant le cavalier, de façon à remettre les deux branches de la fourche à égale distance de l'aiguille principale. Ce courant de retour pouvant être émis par l'un ou l'autre des rouages du récepteur, il y a dans la boîte du thermomètre deux électros permettant de ramener l'aiguille qui porte la fourche dans un sens ou dans l'autre.

La liaison qui existe entre le thermomètre et le récepteur donne une assez grande sécurité ; si le style du récepteur ne se déplace pas synchroniquement avec l'aiguille du thermomètre, cette der-

mière est immédiatement immobilisée et l'appareil ne fonctionne plus. Mais le principal défaut de ces appareils résulte du mauvais contact de l'aiguille et de la fourche qui peut résulter de l'introduction dans l'appareil d'éléments étrangers, de la poussière, par exemple; dans ce cas, l'aiguille du thermomètre est butée par la fourche et l'appareil ne donne aucune indication. Ce fait s'est produit deux fois pendant la durée de l'Exposition pour les thermomètres placés sur le sommet de la tour Eiffel, dont les récepteurs étaient installés dans la classe 15, au palais des arts libéraux.

On peut craindre dans ce cas que, le contact se rétablissant, l'aiguille du thermomètre, parcourant la distance qui sépare la position où elle a été immobilisée de celle qu'elle doit occuper au moment où le courant passe de nouveau, n'entraîne pas le style du récepteur, et que les indications de l'enregistreur soient faussées. En rapprochant les feuilles des enregistreurs, on peut constater que les indications de ces deux appareils sont identiques, ce qui permet de rétablir au moins par la pensée, lorsque l'interruption est de peu de durée, l'allure générale de la courbe des températures.

Lorsque la distance du thermomètre et du récepteur n'est pas très grande, on emploie 6 fils pour relier les deux appareils; mais, pour des distances importantes qui occasionnent des frais considérables pour l'établissement d'une ligne à 6 conducteurs, on réduit le nombre des fils à 1 ou 2; les instruments sont alors légèrement modifiés, quoique du même système.

Le thermométrographe de M. Parenthou ayant été décrit dans le journal *La Lumière électrique* du 29 décembre 1888, il suffira de signaler les différences qui existent entre cet appareil et celui de MM. Richard. La fermeture du courant, au lieu d'être obtenue par le contact de l'aiguille du thermomètre avec l'un des bras d'une fourche, est réalisée à l'aide d'une petite cuve à mercure au-dessus de laquelle tourne un arbre portant 3 plateaux munis de pointes calées à 60° les unes des autres, et mis en mouvement par les variations du thermomètre. Lorsque l'arbre tourne dans le même sens par suite, par exemple, de l'augmentation de la température, chaque fois qu'une des pointes est immergée, le circuit est fermé. Dans le récepteur, le courant, passant par des

lames flexibles, parvient à un électro-aimant qui attire une armature et imprime ainsi à l'axe de l'appareil enregistreur un mouvement de rotation d'une division.

Si la variation de température change de sens, l'arbre qui porte les pointes tourne en sens contraire, le courant produit pénètre dans un électro-aimant, et l'axe de l'enregistreur est entraîné d'une division en sens contraire.

Le thermomètre et le récepteur sont reliés par un seul fil qui peut être utilisé en même temps pour la correspondance téléphonique, sans aucune manipulation spéciale et sans supprimer un instant la transmission de température.

Le thermométrographe de M. Parenthou ne fonctionnait pas à l'Exposition d'une façon continue; mais cet exposant avait installé dans le palais des machines, à la porte du bureau du chef du service mécanique, l'enregistreur du niveau des réservoirs pour la fourniture d'eau de Seine. Le fil de ligne qui reliait le récepteur au transmetteur permettait également de communiquer téléphoniquement du palais des machines à la berge du pont d'Iéna.

b. Accessoires de conduites de vapeur.

Purgeurs. — Le purgeur à soupape et leviers multiplicateurs, exposé par M. Strube, se compose d'une boîte en fonte dans laquelle l'eau arrive librement par une tubulure supérieure et sort par une soupape en bronze placée au bas de l'appareil, soupape dont le clapet, solidaire des mouvements d'un flotteur, découvre ou ferme alternativement l'orifice de sortie, suivant que le niveau de l'eau dans la cuve s'élève ou s'abaisse.

Les leviers qui transmettent les mouvements du flotteur au clapet ont leurs bras calculés dans un très grand rapport, de sorte que le poids du flotteur et la poussée de l'eau sur ce même flotteur sont transmis au clapet, multipliés par le rapport des bras des deux leviers, ce qui assure une fermeture étanche de la soupape de sortie. La construction soignée de cet appareil robuste, d'un faible entretien, est une garantie de son bon fonctionnement.

Dans le purgeur à contre-poids de MM. Geneste, Herscher et C^ie^, on a monté, sur un axe de rotation horizontal, deux cylindres présentant une assez grande différence de volume. Lorsque l'eau, en pénétrant dans l'appareil, atteint un niveau suffisant pour sou-

lever le cylindre inférieur, la rotation autour de l'axe commande l'ouverture d'un tuyau d'échappement par lequel l'eau s'écoule; cette ouverture est d'autant plus grande que le niveau de l'eau est plus élevé. Cet appareil, en usage depuis plusieurs années dans certaines poudreries, n'est sujet à aucun dérangement et ne réclame presque aucun entretien.

Purgeurs automatiques à dilatation. — MM. Strube et Véry avaient exposé l'un et l'autre un purgeur automatique à dilatation.

L'appareil de M. Strube se compose d'un tuyau en fonte renfermant un tube en laiton possédant du jeu; à la partie inférieure de ce tube se trouve une soupape formant fermeture, qui est commandée par un volant; on peut donc à volonté l'ouvrir ou la fermer.

L'eau et la vapeur amenées dans le tuyau, on ouvre un peu la soupape, puis on la referme doucement jusqu'à ce que la vapeur ne sorte plus. L'eau de condensation s'accumule à la partie inférieure du tube; la différence de température entre la vapeur et l'eau fait raccourcir le tube en laiton, et il se forme une petite ouverture qui donne passage à l'eau.

La vapeur revenant dès que l'eau est sortie, le tube s'allonge de nouveau, vient s'appuyer sur la soupape et fermer l'appareil.

Le purgeur de M. Véry, basé sur le même principe, se compose de deux tubes dont les variations de longueur permettent l'ouverture ou la fermeture de la soupape d'échappement de l'eau condensée.

Purgeur de M. Kœnig. — Le purgeur automatique de M. Kœnig se compose d'une cuve dans laquelle se trouve une cloche supportée par une tige verticale, dont l'extrémité inférieure constitue une soupape dont le siège est rodé dans la cuve même.

L'eau, en s'accumulant dans la cuve, comprime l'air contenu sous la cloche et, à un moment donné, la cloche est soulevée.

Dans cette ascension, elle entraîne la tige qui la supportait, et la soupape abandonne le siège sur lequel elle reposait. L'écoulement de l'eau ainsi obtenu abaisse le niveau, et, la cloche reprenant sa position première, la soupape se ferme.

Détendeurs de vapeur. — Lorsqu'on chauffe des étuves à l'aide de la vapeur, la température devant rester comprise entre des limites rapprochées, il est nécessaire de faire usage d'un détendeur de vapeur.

Le détendeur de vapeur exposé par MM. Muller et Roger, du système Legat, se compose d'un corps de robinet dans lequel la vapeur pénètre et se détend, en agissant sur une membrane métallique extensible qui tend à faire fermer une soupape équilibrée, maintenue ouverte par la tension des ressorts extérieurs.

Si la pression de la vapeur augmente ou si la consommation de vapeur diminue au delà du détendeur, l'action de la membrane métallique augmente, la tension des ressorts est vaincue et la soupape tend à se fermer, réduisant ainsi l'arrivée de vapeur et rétablissant l'équilibre. Il se produit donc une série de mouvements analogues à ceux d'une balance où la vapeur détendue se maintient constamment à la pression pour laquelle les ressorts ont été réglés.

Dans le détendeur de M. Strube, dont un exemplaire fonctionnait au syndicat des électriciens, sur une chaudière Terme et Deharbe, ce sont également des ressorts extérieurs qui agissent sur un piston cannelé dont les oscillations modifient l'admission de vapeur.

Il en est de même encore dans l'appareil exposé par M. Colombier, dans lequel le déplacement de deux pistons percés d'ouvertures permet de régler, par l'intermédiaire d'un ressort, les orifices d'écoulement de vapeur.

Enfin, MM. Geneste, Herscher et C^{ie} avaient exposé leur détendeur à membrane employé dans certaines poudreries.

III. — Appareils d'épuration des eaux industrielles.

L'épuration des eaux, dont l'importance est considérable, non seulement à cause de l'emploi de ce liquide dans les chaudières à vapeur, mais aussi parce qu'il sert dans un grand nombre d'opérations industrielles, peut être obtenue par deux moyens différents, suivant qu'on fait usage de réactifs ou qu'on épure le liquide par filtration.

Ces deux manières d'opérer sont en général désignées sous le

nom de *procédé chimique* et *procédé physique;* nous les étudierons l'une et l'autre, car elles étaient représentées à l'Exposition par de nombreux appareils, la nécessité de l'épuration des eaux se faisant de plus en plus sentir dans les diverses industries, suivant qu'on emploie l'eau pour l'alimentation des chaudières ou pour le lavage et la purification des produits fabriqués.

La préparation de certains produits chimiques, qui sont proposés ou adoptés pour l'armement des puissances, nécessite l'emploi d'eau pure pour leur lavage; aussi cette question présente-t-elle un grand intérêt pour la plupart des établissements du service des poudres.

La purification chimique de l'eau s'opère en général par l'action de la chaux et de la soude : la chaux réagissant sur les bicarbonates solubles pour les faire passer à l'état de carbonates insolubles; la soude se transformant d'abord en carbonate de soude, puis, sous l'action du sulfate de chaux, en sulfate de soude soluble, avec précipitation de carbonate de chaux insoluble. Les autres matières minérales, telles que l'oxyde de fer, la silice, l'alumine et même les matières organiques, sont précipitées par l'action de la chaux ou de la soude.

Les réactions chimiques donnent donc naissance à des précipités qu'il est nécessaire de séparer; aussi tous les appareils peuvent-ils se diviser en deux parties : dans l'une s'effectue la préparation du réactif, tandis que l'autre est spécialement consacrée à la séparation de l'eau et des précipités insolubles formés.

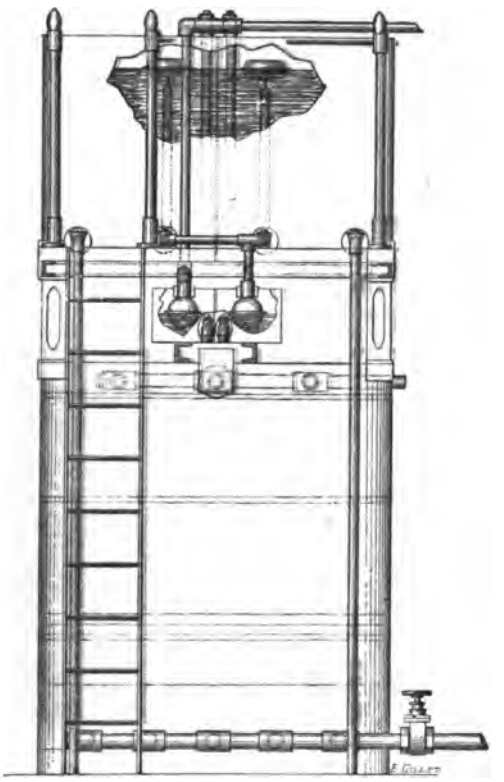
Les appareils exposés, qui reposent tous sur ces principes, ne diffèrent que par les détails de construction, par les précautions prises pour obtenir des eaux chargées de chaux sans entraînement de chaux non dissoute, enfin par les dispositions adoptées pour faciliter la précipitation des corps insolubles et leur évacuation.

Système Howatson. — L'appareil exposé par M. Howatson, classe 52, se compose bien de deux parties : dans l'une se fait la préparation du réactif, qui se mélange ensuite à l'eau à épurer en proportion déterminée à l'aide d'un robinet jaugé; dans l'autre, le mélange se décharge des matières insolubles.

Une caisse rectangulaire (*fig.* 24), séparée en deux volumes égaux à l'aide d'une cloison verticale, forme la partie supérieure

de l'appareil. Dans cette caisse, on place le réactif, mélange de chaux vive et de carbonate de soude; chaque compartiment est

Fig. 24.

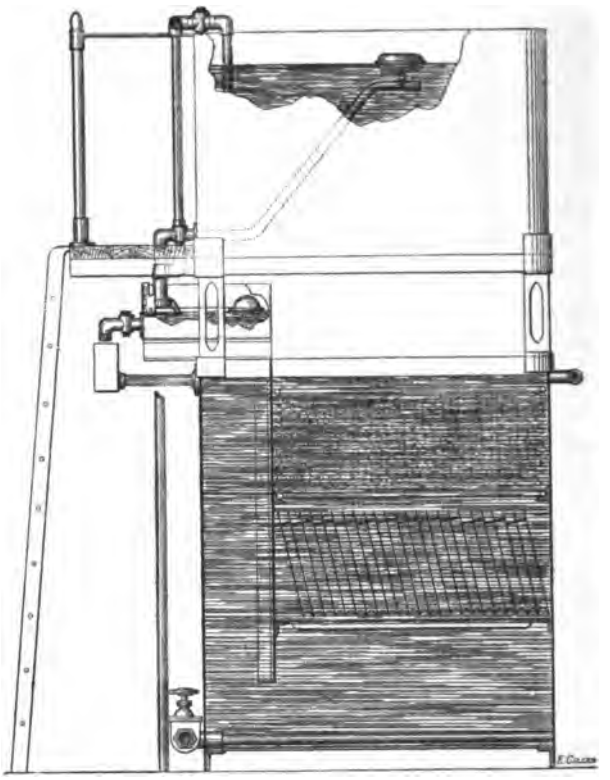


calculé de manière à contenir la quantité nécessaire au débit de l'appareil pendant 6 heures.

Pour l'eau de Seine employée à l'Exposition, M. Howatson ajoutait 8 pour 100 d'un réactif obtenu en mélangeant dans de l'eau 135^{gr} de chaux vive et 45^{gr} de carbonate de soude Solway. Ce réactif s'écoule, par un robinet jaugé (*fig.* 25 et 26), dans une petite caisse, au sortir de laquelle il se mélange, dans la proportion indiquée, à l'eau à épurer prise sur la conduite générale. Ce mélange s'effectue dans le tuyau qui amène le liquide à la caisse

inférieure, dans laquelle se produit la séparation des matières insolubles (*fig.* 25).

Fig. 25.



Cette caisse est partagée elle-même en deux compartiments inégaux par une cloison verticale, qui ne se prolonge pas jusqu'au fond de l'appareil.

Le mélange d'eau et de réactif pénètre par la partie supérieure dans le plus petit compartiment, descend et s'introduit dans le grand par le fond. Là, le mélange en s'élevant rencontre, sur une hauteur de 60^{cm}, des lames de tôle inclinées et espacées les unes des autres de 25^{mm}; il se décharge sur ces plaques des produits insolubles qui se sont formés et, continuant à monter, il rencontre une toile métallique sur laquelle repose une couche de 40^{cm} à 45^{cm} de copeaux de bois.

Pour évacuer les produits insolubles qui se déposent sur les feuilles de tôle et glissent ensuite au fond de la caisse inférieure, des tubes qui débouchent à l'extérieur garnissent le fond de la caisse ; ces tubes, munis d'un grand nombre de trous, permettent d'effectuer tous les jours un nettoyage, en produisant une chasse d'eau qui entraîne les produits insolubles.

L'appareil exposé, qui occupe une surface de $2^{mq},72$, permet d'épurer 3^{mc} d'eau à l'heure; la dépense estimée par l'inventeur serait de $0^{fr},01$ par mètre cube.

Des analyses faites sur l'eau de Seine par M. Courtonne ont donné les résultats suivants :

Avant épuration.

	gr	
Carbonate de chaux.....	0,175	par litre
Sulfate de chaux.....	0,050	»
Sulfate de soude.....	0,030	»
Carbonate de magnésie.....	0,050	»
Chlorure de sodium.....	0,030	»
Silice, alumine, oxyde de fer.....	0,020	»
Résidu total.....	0,345	»

Titre hydrotimétrique : 23°.

Après épuration.

	gr	
Carbonate de chaux.....	0,030	par litre
Sulfate de soude.....	0,072	»
Carbonate de soude.....	0,010	»
Carbonate de magnésie.....	0,012	»
Chlorure de sodium.....	0,030	»
Silice, alumine, oxyde de fer.....	0,005	»
Résidu total.....	0,159	»

Titre hydrotimétrique : 4°.

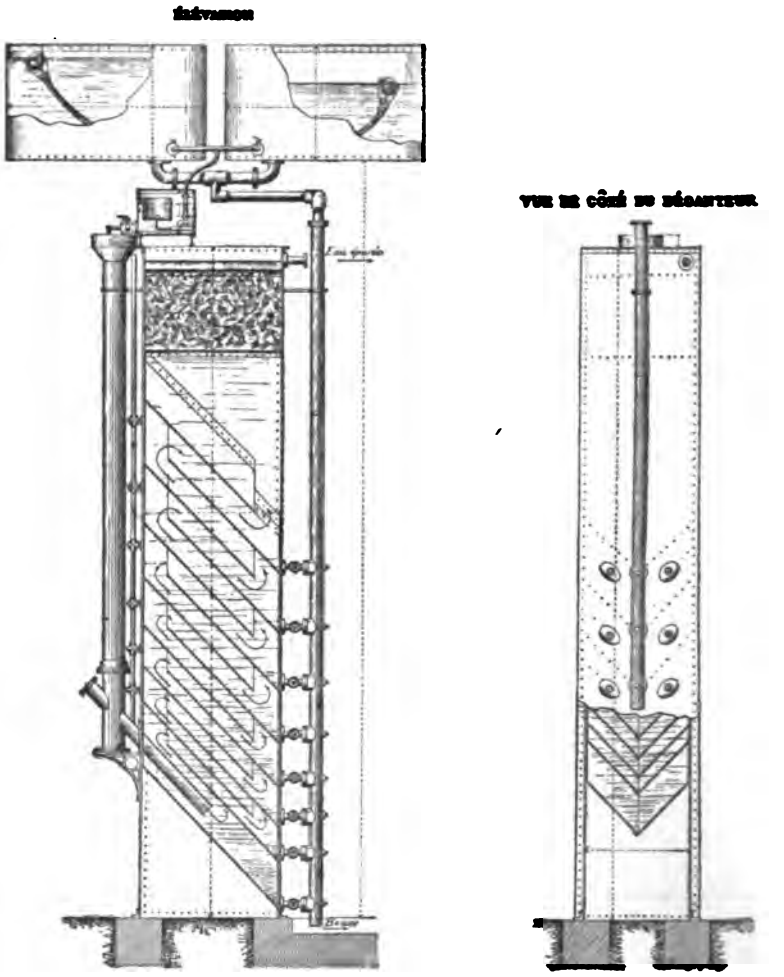
Appareils de M. Gaillet. — Les appareils exposés par M. Paul Gaillet se composaient également de deux parties, l'une réservée à la préparation du réactif, l'autre à la décantation du liquide (*fig.* 26 à 31).

La préparation du réactif est faite dans deux cuves spéciales munies d'un clapet de vidange et d'un robinet d'écoulement posé à 10^{cm} au-dessus du fond. Ce robinet est doté à l'intérieur des cuves

d'un tuyau en caoutchouc avec flotteur, qui permet de prendre le liquide à la partie supérieure de la cuve, c'est-à-dire toujours parfaitement clair.

Le réactif et l'eau à épurer doivent être mélangés dans une pro-

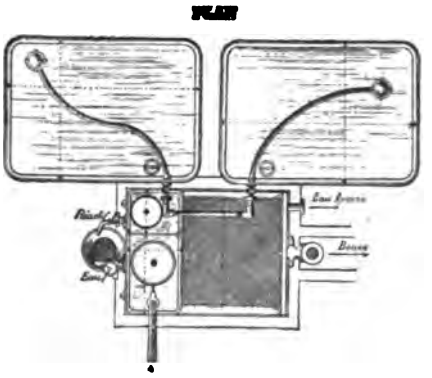
Fig. 26.



portion déterminée; pour obtenir la régularité des débits, on fait usage de régulateurs à niveau constant dans lesquels un flotteur, en agissant sur un clapet, règle l'admission de liquide; l'épaisseur de

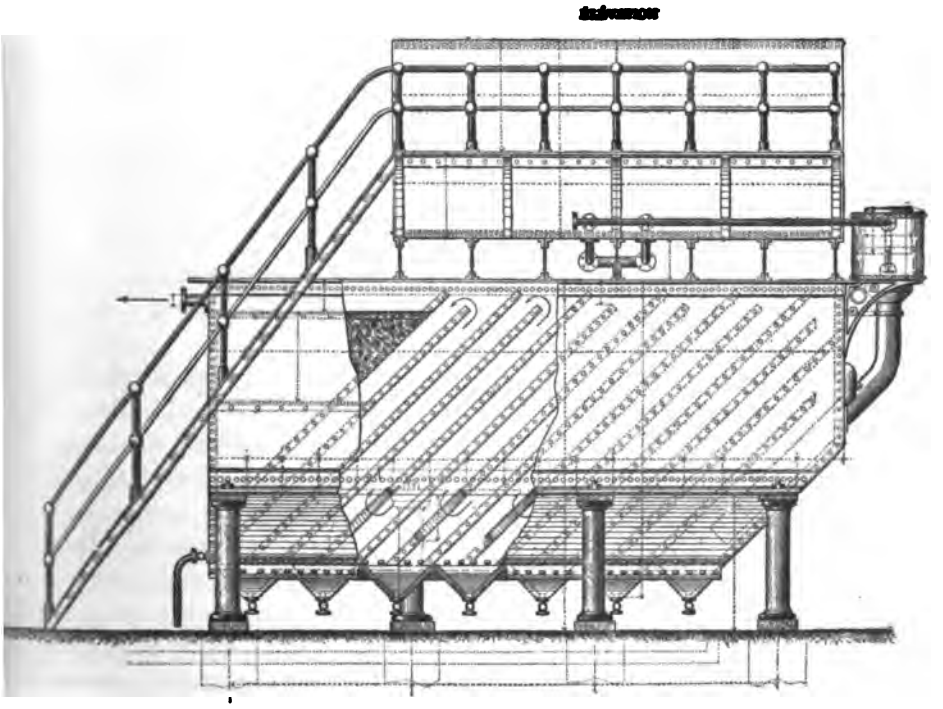
la couche liquide étant toujours la même, il suffit d'ouvrir des

Fig. 27.



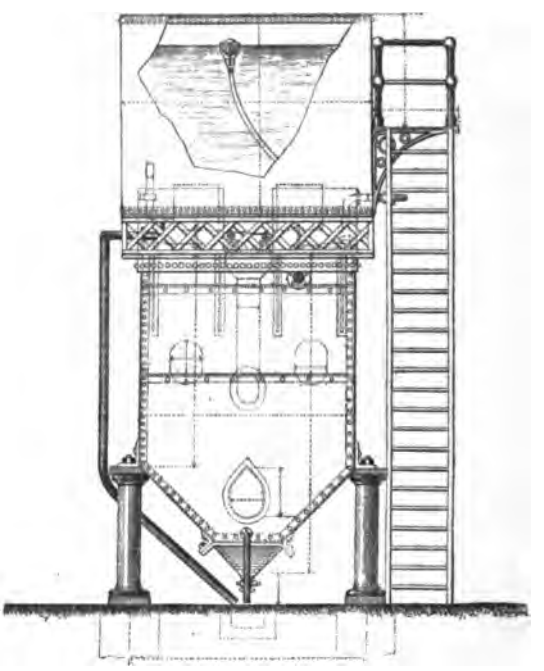
robinets à cadrans pour opérer le mélange dans la proportion voulue.

Fig. 28.



Dans les appareils de M. Paul Gaillet, comme dans celui de M. Howatson, on utilise la facilité de décantation des liquides pris en couches minces; à cet effet, le décanteur de l'appareil vertical se compose d'une série de diaphragmes ou lames inclinées à 45° et rivées alternativement sur les deux faces opposées de l'appareil.

Fig. 29.



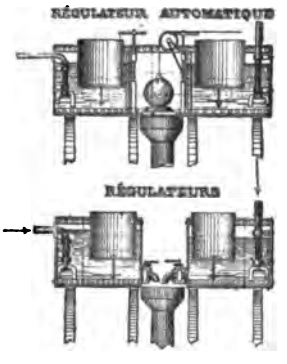
Le liquide, pénétrant dans le décanteur par la partie inférieure, suit le conduit formé par les lames placées en chicane; les particules solides, sollicitées par l'action de la pesanteur, tombent au fond des augets formés par les lames et la paroi verticale, d'où elles sont extraites journellement par des robinets spéciaux.

M. Gaillet construit également des appareils horizontaux dans lesquels les lames descendent jusqu'à la cuvette de collection des dépôts, pour que les matières qui se rassemblent sur ces diaphragmes viennent directement dans cette cuvette. On donne alors passage au liquide par des ouvertures percées dans les diaphragmes

et garnies d'un bord relevé, de manière à éviter la rencontre du dépôt qui descend; ces ouvertures sont telles que le bord relevé ne puisse pas arrêter les matières solides qui glissent sur les lames.

Dans ces appareils, M. Paul Gaillet emploie, pour l'eau de Seine

Fig. 30, 31.



et par mètre cube d'eau à traiter, 40^{gr} de soude caustique, 100^{gr} de chaux et 50^{gr} d'alumine. L'eau, prise à Grenelle titrant 18° hydrotimétriques, ne donne plus après épuration que 3°.

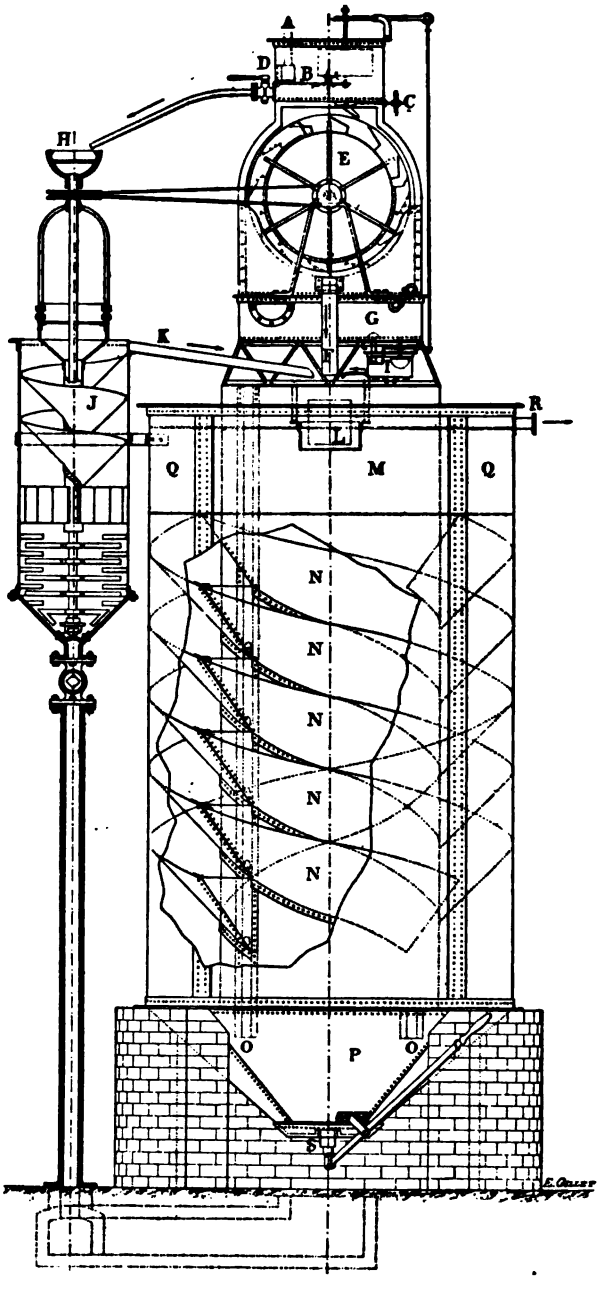
Système Desrumeaux. — L'appareil d'épuration de M. Desrumeaux est également basé sur le même principe; il se compose de deux parties, un saturateur automatique et un décanteur.

Tandis que, dans les appareils que nous venons de décrire, il est nécessaire de malaxer à la main pendant un certain temps le réactif avec l'eau, pour obtenir l'eau de chaux nécessaire au traitement, ce malaxage est effectué mécaniquement dans les appareils du système Desrumeaux (*fig.* 32, 33).

La saturation s'obtient dans un cylindre terminé coniquement à sa partie inférieure et traversé par un arbre creux muni de palettes. La chaux étant introduite dans le cylindre, on fait arriver en H l'eau qui descend par l'intérieur de l'arbre au fond même de l'appareil, pour remonter ensuite dans le cylindre. L'arbre étant mis en mouvement, les palettes brassent le mélange, et l'eau de chaux formée, continuant à monter, rencontre une surface hélicoïdale J sur laquelle l'excès de chaux entraînée se dépose.

On obtient donc à la partie supérieure de l'appareil de l'eau de

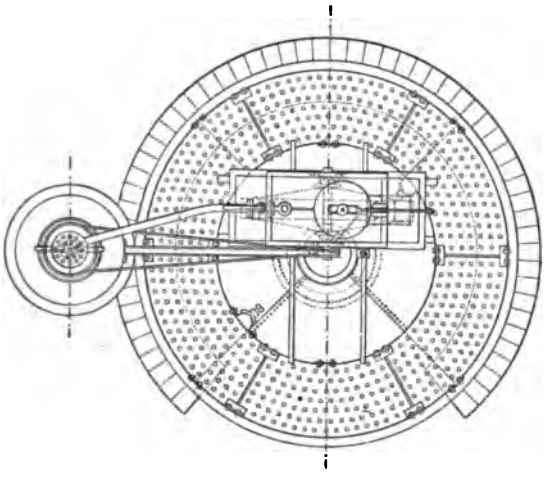
Fig. 32.



chaux parfaitement décantée qui s'écoule par un conduit K et va se mélanger à l'eau à épurer. Pour régler le débit, il suffit d'agir sur le robinet d'arrivée d'eau D qui dessert le saturateur.

Quant à la soude, elle est placée dans un petit bac G muni d'un

Fig. 33.



régulateur à flotteur I relié au flotteur du régulateur d'eau B; de cette façon, l'écoulement de la soude dépend du débit même de l'appareil, et l'on peut régler la proportion des deux liquides.

L'eau à épurer, amenée en A à la partie supérieure de l'appareil, tombe sur une roue motrice à augets qui commande l'arbre creux à palettes du saturateur. Elle pénètre ensuite dans le bac mélangeur dans lequel s'écoulent également l'eau de chaux et la lessive de soude, puis enfin le mélange parvient par l'intérieur à la partie inférieure de l'appareil de décantation, qui est constitué par deux cylindres circulaires concentriques.

L'eau, au bout de ce premier trajet, abandonne les dépôts les plus lourds qui tombent au fond du décanteur; prenant ensuite un mouvement ascensionnel, le liquide pénètre dans la surface annulaire qui est garnie de lames hélico-conoïdales.

Il se rend dans chacune de ces hélices et circule lentement et régulièrement entre les lames. Dans cette ascension, chaque veine liquide abandonne les particules solides qu'elle tient en suspension;

ces particules tombent sur les lames dont l'inclinaison a été déterminée de manière à favoriser le glissement. Des diaphragmes verticaux arrêtent les dépôts qui pénètrent par les orifices d'évacuation dans le collecteur relié au réservoir à boues.

Le liquide, décanté de tous les sels précipités et de toutes les matières étrangères qui le souillaient, traverse en dernier lieu un filtre avant de sortir de l'appareil de décantation.

Système Dervaux. — L'appareil de saturation de l'épurateur automatique Dervaux est formé par deux récipients coniques, l'un servant à la formation du lait de chaux, l'autre à sa décantation. Dans le premier récipient, rempli de chaux éteinte, l'eau arrive par la partie inférieure, puis pénètre également par le bas dans le saturateur.

Le courant liquide abandonne la chaux entraînée en excès, puis l'eau se décante en montant, et elle arrive à la partie supérieure saturée, mais claire. Les pierres et le sable contenus dans le liquide sont expulsés du saturateur par un robinet placé à la partie inférieure de l'appareil.

L'eau à épurer est amenée dans un bac, dans lequel se déverse l'eau de chaux; une conduite inférieure dirige le mélange formé dans le décanteur au fond duquel les sels calcaires formés se précipitent; le mélange monte ensuite et rencontre des cloisons superposées de forme conique entre lesquelles il circule, laissant se déposer les sels insolubles.

Tels sont les appareils exposés, basés sur le procédé chimique; suivant la quantité d'eau à épurer, les dimensions sont variables, et la composition du réactif à employer dépend de la nature même de l'eau à traiter.

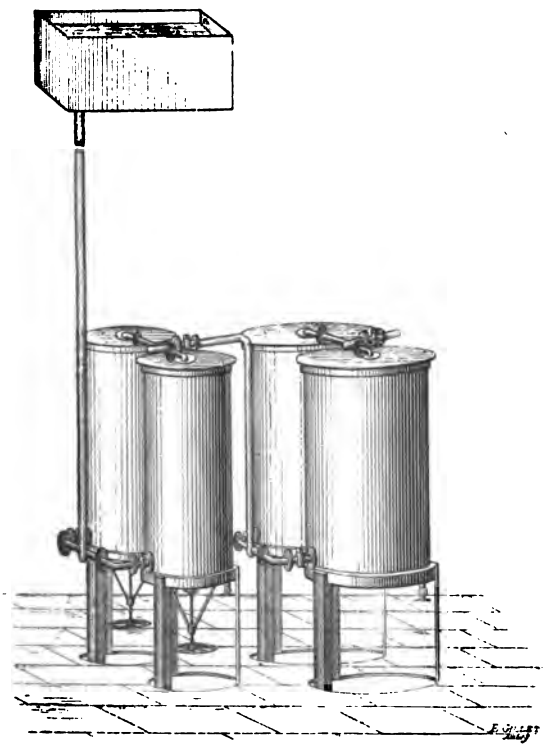
Filtre du Dr Gerson (*fig.* 34). — Dans le procédé physique, on utilise la propriété que possèdent certaines matières d'arrêter les corps en suspension; deux filtres à grand débit étaient exposés.

Dans les filtres Gerson, exposés classe 64, le liquide à filtrer ne suit pas une marche de haut en bas, qui augmente, il est vrai, la vitesse d'écoulement, mais donne aussi aux corps étrangers, qui doivent être arrêtés par la matière filtrante, une force de pénétration

telle qu'il est difficile ensuite de nettoyer le filtre. Le liquide se meut de bas en haut; les corps étrangers et les organismes arrêtés par la matière filtrante y adhèrent faiblement sans la pénétrer et peuvent en être détachés en faisant circuler un courant inverse que l'on obtient facilement par la manœuvre de certains robinets.

Ce nettoyage, qui demande un temps très court, doit être exécuté

Fig. 34.



plus ou moins fréquemment, suivant le degré d'impureté du liquide utilisé.

La première opération de filtration serait insuffisante dans certaines industries, dans lesquelles la pureté de l'eau employée joue un très grand rôle, par exemple dans la fabrication du papier.

Dans ces cas spéciaux, l'appareil est doublé, et des filtres dits *secondaires* achèvent la purification.

La matière filtrante des filtres primaires, qui exécutent un premier filtrage, est formée avec des éponges tannées au tannate de fer; cette préparation les rend imputrescibles; il paraît même que la vie des microorganismes est détruite par ce composé et qu'une partie de la matière azotée disparaît. L'action filtrante est ensuite complétée par des filtres secondaires composés de couches de pierre ponce de différentes grosseurs comprises entre deux couches de gravier.

La pierre ponce est rendue antiseptique par une imprégnation de tannate de fer. Ce second filtre, qui fonctionne avec des eaux déjà pures, est lavé simplement par le contre-courant, tandis que les premiers sont munis de tampons mobiles aidant le nettoyage en comprimant la matière filtrante pour provoquer l'évacuation des boues.

Le filtre Gerson purifie les eaux, comme il ressort des analyses suivantes :

ANALYSE (grammes pour 10 litres d'eau).	EAU	
	non filtrée.	filtrée.
EAU DE LA VILLE DE COPENHAGUE.		
Résidu d'évaporation chauffé à 130°.....	4,800	3,540
Acide chlorhydrique.....	0,592	0,374
Acide sulfurique.....	1,144	0,563
Acide nitrique.....	traces	traces
Chaux.....	1,100	1,100
Magnésie.....	0,382	0,216
Acide employé à l'oxydation des matières organiques.	0,097	0,076
EAU DE L'ODER		
Résidu.....	14,64	13,20
Cendres.....	9,48	9,60
Pertes à l'incinération.....	5,17	3,60
Matières organiques par le permanganate.....	1,23	0,935

Le débit de ces appareils est assez puissant. Le filtre qui fonctionne à l'esplanade des Invalides, composé d'un récipient, d'une couple de filtres primaires et d'une couple de filtres secondaires, fournit 6250^{lit} à l'heure sous une pression de 4^{m} d'eau.

La perte de charge, due au passage de l'eau dans le filtre primaire, est d'environ 2^m; ainsi, dans la ville d'eau d'Offenbach-sur-Mein, l'eau s'écoule dans les filtres d'un réservoir de charge à 5^m de hauteur. Après les avoir traversés de bas en haut, elle remonte dans le réservoir à eau claire à 3^m de hauteur.

Ce filtre pourrait trouver son emploi pour les eaux acides qui proviennent du lavage du coton-poudre et des explosifs nitrés; ces eaux entraînent des éléments très ténus de l'explosif lavé, et ces particules seraient arrêtées par le filtre primaire, qui les restituerait au moment du nettoyage.

Filtre de M. Robert. — L'épurateur exposé par M. Robert est composé d'un cylindre de 80^{cm} de diamètre et 4^m de hauteur, surmonté d'un cône à la partie supérieure duquel on fait arriver un courant d'air obtenu à l'aide d'un ventilateur Roots. L'eau à épurer est amenée également à la partie supérieure de ce cône par un tube qui se retourne verticalement et qui est terminé par une pomme d'arrosoir percée de trous n'ayant pas 1^{mm} de diamètre, afin d'obtenir un état de division suffisant des molécules d'eau.

Le cylindre est terminé à sa partie inférieure par une tôle perforée dont les trous, de 10^{mm} de diamètre environ, sont placés en quinconce et espacés de 40^{mm} d'axe en axe. Un peu au-dessus de cette grille, on a ménagé, dans l'enveloppe cylindrique, des orifices qui permettent à l'air de sortir après avoir traversé les couches de gravier et de sable fin qui remplissent l'appareil.

Cette première partie de l'épuration a pour but, d'après l'inventeur, d'obliger l'eau à subir un long contact avec l'air, avant de la soumettre à l'opération de filtration.

L'appareil à filtrer, monté sur des galets, est placé au-dessous; il présente également une forme cylindrique et contient une couche de gravier surmontée de grès pulvérisé (sable de Fontainebleau), avec toile d'amiante interposée entre les deux matières.

L'appareil exposé à l'esplanade des Invalides permet d'épurer 3^{mc} par 24 heures. Il a été étudié par la Société académique de l'Aube, qui a constaté qu'en mélangeant à l'eau à filtrer une certaine quantité de tannin, la présence de ce corps dans l'eau qui sortait de l'appareil n'était plus indiquée par le permanganate de potasse.

D'autre part, M. Gérardin, docteur ès sciences, pour vérifier l'action oxydante attribuée au filtre Robert sur les matières organiques en dissolution dans l'eau, fit préparer de l'eau mélangée de jus de pomme de terre.

L'eau employée contenait 7^{cc} d'oxygène dissous par litre; après addition du jus de pomme de terre, ce titre était descendu à 2^{cc}; mais, la filtration effectuée, la quantité d'oxygène en dissolution fut trouvée égale à $6^{cc},5$.

IV. — Machines à glace.

M. Giffard était parvenu à réaliser les premières machines à glace en utilisant le froid produit par la détente de l'air comprimé; mais la faible chaleur spécifique de ce mélange, qui nécessite, pour une production un peu importante, la mise en œuvre d'un volume d'air considérable, lui fit préférer des gaz plus facilement liquéfiables sous une faible pression et sans production nécessaire d'une très basse température, et dont la chaleur latente est suffisamment élevée pour éviter l'emploi de grands volumes.

Les machines à glace industrielles, dans lesquelles on emploie l'ammoniaque, l'acide sulfureux, l'acide carbonique, etc., se divisent, sous le rapport du principe de la production du froid, en deux catégories : les appareils à affinité, les appareils à force motrice.

Dans les premiers, on reproduit en grand l'ancienne expérience de Faraday qui, en chauffant dans l'une des branches d'un tube en U du chlorure d'argent ammoniacal, était parvenu à liquéfier dans la seconde branche du tube le gaz ammoniac qui s'était évaporé; en refroidissant ensuite la partie préalablement chauffée, le gaz ammoniac est de nouveau absorbé par le chlorure d'argent, et sa volatilisation produit un froid intense dans la branche qu'il abandonne.

Dans les seconds, on réalise industriellement l'expérience de Leslie qui, en plaçant sous la cloche d'une machine pneumatique une coupelle contenant de l'éther dans lequel plongeait une petite ampoule remplie d'eau, avait constaté dès les premiers coups de pompe que l'eau de l'ampoule, congelée par l'évaporation de l'éther, avait brisé son enveloppe.

A. — Machines a affinité.

Sans parler des appareils de M. Carré qui, n'étant pas à marche continue, ne peuvent être utilisés dans les installations industrielles, des machines à affinité étaient exposées par MM. Rouart et Imbert.

Une dissolution d'ammoniaque, placée dans une chaudière, est chauffée à une température qui ne doit pas dépasser 150°; le gaz volatilisé se liquéfie sous pression dans un vase clos. Écoulé dans le refroidisseur, à l'aide d'un robinet convenablement réglé, l'ammoniaque liquide se détend et se vaporise; le gaz formé se rend ensuite dans un vase d'absorption contenant de l'eau froide et retourne à la chaudière.

On sait que, lorsqu'on chauffe une solution aqueuse d'ammoniaque, l'eau fortement chargée monte, tandis que la dissolution appauvrie, plus dense, tombe au fond de la chaudière. Les constructeurs ont utilisé cette propriété pour rendre l'appareil continu. La dissolution faible prise au fond de la chaudière est évacuée au dehors; refroidie, elle constitue le liquide qui doit absorber le gaz ammoniac provenant du refroidisseur; la dissolution riche ainsi formée est amenée, à l'aide d'une petite pompe, à la partie supérieure de la chaudière, de façon à fermer le cycle parcouru par le gaz ammoniac.

Mais la solution appauvrie est à une température trop élevée pour absorber des quantités importantes de gaz; d'autre part, il est nécessaire, par économie, d'amener dans la chaudière la solution riche à une température suffisante. Pour réaliser ces deux conditions, on fait usage d'un appareil appelé *échangeur de température,* dans lequel on fait circuler en sens contraire les deux solutions.

Ces principes, communs aux appareils de MM. Rouart et Imbert, ont été réalisés pratiquement d'une façon différente. L'appareil de MM. Rouart se compose d'une chaudière plus haute que large, chauffée à 130-140°, à l'aide d'un courant de vapeur. Le gaz ammoniac se volatilise et, à la pression de 8 à 12^{atm}, il se liquéfie dans les serpentins du liquéfacteur, autour desquels circule un courant d'eau froide. Le réservoir dans lequel s'écoule l'ammoniaque liquide est très résistant; de là, elle se rend dans le congélateur, constitué par des serpentins dans lesquels le liquide se volatilise et produit l'abaissement de température. La détente est

facilitée par l'absorption du gaz formé, absorption obtenue à l'aide de la dissolution pauvre venant de la chaudière; cette solution appauvrie, chassée de la chaudière par la pression du liquide, est à la température de 130° environ : elle ne peut donc absorber de gaz; on la fait passer d'abord dans un serpentin placé dans une cuve que parcourt en sens inverse le liquide riche et qui constitue l'échangeur de température. Refroidi de nouveau par un courant d'eau froide, le liquide absorbe enfin le gaz qui provient de la détente, devient le liquide riche, et il est refoulé dans l'échangeur où il se réchauffe, puis arrive à la partie supérieure de la chaudière.

Avec ces appareils on peut produire, par kilogramme de charbon brûlé, 20 à 25^{kg} de glace.

L'appareil de MM. Imbert se distingue de celui de MM. Rouart par le mode de distillation de la solution ammoniacale. On chauffe la dissolution à 150° à l'aide d'une chaudière demi-fixe; le gaz ainsi produit se rend dans une colonne distillatoire, munie de plateaux qui permettent de dépouiller le gaz ammoniac de la vapeur d'eau entraînée. Cette séparation est facilitée par la présence de la dissolution riche envoyée par une pompe à la partie supérieure de la chaudière; cette solution, qui est à la température de 100° environ, rencontrant le gaz ammoniac volatilisé, lui enlève la vapeur d'eau qu'il a entraînée.

B. — Machines a force motrice.

Un récipient clos, en communication avec une pompe aspirante et foulante, contient un liquide volatil à très basse température; si les vapeurs émises par ce liquide sont aspirées, la pression intérieure diminue, et une certaine quantité de liquide se transforme immédiatement en vapeur, empruntant la chaleur nécessaire à cette transformation aux corps environnants. L'action de la pompe se continuant, le liquide émet de nouvelles vapeurs, en remplacement de celles enlevées par la pompe, et entre en ébullition, ce qui fait passer un certain poids de la matière de l'état liquide à l'état gazeux; pour opérer ce changement d'état, il y a, par kilogramme de matière vaporisée, absorption d'un nombre déterminé de calories, nombre variable avec la nature du liquide employé. Cette chaleur, pour être fournie au liquide contenu dans le réservoir, est soustraite au liquide

dans lequel il plonge ; la tension des vapeurs qui se forment diminue au fur et à mesure que la température s'abaisse, et la température du réservoir sera exactement égale à la température d'ébullition du liquide, lorsque la tension intérieure atteindra la pression atmosphérique. Dans ces conditions, si le liquide qui entoure le réservoir est incongelable, sa température s'abaissera et pourra descendre jusqu'à la température d'ébullition du liquide volatilisé. Mais, pour obtenir une marche continue avec une semblable machine, il est nécessaire de restituer à chaque instant, au liquide qui se volatilise, la quantité évaporée; à cet effet, la pompe comprime dans un récipient refroidi la vapeur qu'elle aspire et la liquéfie de nouveau; la pression dans le condensateur étant supérieure à celle du réfrigérant, il suffit de relier les deux appareils à l'aide d'un robinet dont on règle l'orifice, de manière à restituer une quantité de liquide équivalente à celle qui a été évaporée et enlevée par la pompe.

Une machine à glace, à force motrice, se compose donc de 3 organes essentiels : un réfrigérant contenant le liquide, une pompe aspirante et foulante, un condenseur; il faut y joindre un robinet de réglage servant au retour du liquide condensé.

Suivant la nature du liquide employé, ces organes présentent certaines particularités que l'on signalera en décrivant les machines exposées; mais les dispositions proposées pour le congélateur ou réfrigérant, dépendant spécialement du but recherché, ne seront pas énumérées; reliées entièrement aux installations existantes, ces dispositions doivent être étudiées dans chaque cas particulier, en tenant compte de la nature des locaux et du résultat à réaliser.

Machine système Fixary. — Dans la machine du système Fixary, exposée par la Société des constructions mécaniques spéciales, dans laquelle on emploie l'ammoniaque anhydre liquéfiée, l'organe principal est la pompe de compression. Elle se compose de deux corps verticaux : à la partie supérieure de chacun d'eux se trouvent une soupape d'aspiration et une soupape de refoulement; le gaz ammoniac arrive donc seulement à la partie supérieure des pistons qui travaillent à simple effet.

Au-dessus des pistons, on maintient une couche d'huile de

quelques millimètres, qui remplit tous les espaces nuisibles lorsqu'ils sont en haut de course et soulève les soupapes en les lubrifiant. Au-dessous de chaque piston, on a ménagé un espace appelé *chambre d'huile*, constamment rempli jusqu'à une certaine hauteur d'huile lourde minérale, dans laquelle l'extrémité de chaque piston vient plonger en bas de course. Dans la course ascendante, les pistons, qui sont munis de cannelures, entraînent une quantité d'huile suffisante pour lubrifier le corps de pompe.

Les chambres d'huile communiquent entre elles par l'intermédiaire d'une chambre spéciale ménagée entre les deux corps de pompe; cette chambre est munie à sa partie supérieure d'une soupape qui permet de la mettre en communication directe avec les soupapes d'aspiration des corps de pompe par deux conduits latéraux; cette disposition permet d'éviter les pertes de gaz ammoniac, tout en entretenant la couche d'huile placée à la partie supérieure des pistons.

Le gaz ammoniac, provenant des fuites qui existent fatalement lorsqu'on comprime un gaz volatil à une pression assez forte, est dirigé dans la chambre placée entre les deux corps de pompe; dès que la pression dans ce récipient atteint $1^{atm},5$, le gaz chargé d'huile s'échappe par la soupape tarée en conséquence; il est aspiré dans les corps de pompe et vient entretenir la couche d'huile nécessaire au remplissage des espaces nuisibles, tout en graissant sur son passage les soupapes d'aspiration. Il existe donc dans la pompe, au moment de l'aspiration, une contre-pression de $1^{atm},5$ qui agit également sur les presse-étoupes traversés par les tiges des pistons; pour l'étanchéité de ces organes, on a réservé au-dessus de chacun d'eux un petit espace rempli d'huile qui est entouré d'un manchon en communication directe avec le réfrigérant. L'abaissement de température obtenu permet de solidifier l'huile minérale, qui forme, paraît-il, un joint pâteux imperméable et sans frottement, assurant le refroidissement des tiges de la pompe.

Machine système Linde. — La machine à froid, système Linde, exposée par MM. Sulzer frères, de Winterthur (Suisse), représentait le type des machines réfrigérantes pour bateaux; elle diffère du compresseur ordinaire du même système, non seulement par la construction plus serrée et par la disposition du condenseur

d'ammoniaque, qui est placé dans la partie inférieure du bâti, mais aussi par l'application d'un compresseur compound.

Les vapeurs d'ammoniaque sont comprimées par deux cylindres compresseurs à double effet; elles sont soumises à une compression préalable de 2 à 8^{atm} dans les deux moitiés du premier cylindre et dans la moitié du second cylindre, placée du côté du presse-étoupe; suivant la température de l'eau réfrigérante, elles sont ensuite recomprimées jusqu'à 15 ou 16^{atm} dans la seconde moitié du second cylindre; dans ces conditions, les presse-étoupes ne sont soumis qu'à une pression des vapeurs ammoniacales de 7 à 8^{atm}, comme dans les autres machines.

La pompe est un organe soigné dont on a diminué tous les espaces nuisibles, laissant entre le fond du cylindre et le piston à fond de course un espace de quelques dixièmes de millimètre; la machine ne comporte pas de bain d'huile, comme dans le système Fixary.

Le graissage des presse-étoupes est obtenu à l'aide de pétrole léger envoyé goutte à goutte, qui pénètre dans le cylindre et le lubrifie ; ces gouttelettes sont chassées dans le compresseur qui est muni d'une bouteille spéciale pour les recueillir. Ce pétrole abandonne alors le gaz qu'il contient en dissolution et qui rentre dans l'économie générale de la machine ; le pétrole est enfin repris et dirigé en avant du presse-étoupe ; l'ammoniaque qu'il renferme encore l'abandonne alors sous l'action de la pompe.

Le condenseur est formé par une série de tubes cylindriques en une seule pièce : ils sont disposés dans un vase cylindrique en tôle; la compression refoule le gaz ammoniac à la partie supérieure du serpentin dans lequel se produit la liquéfaction sous l'influence de la compression, qui atteint $10^{atm},5$ dans les machines ordinaires, et du refroidissement par l'eau condensante. L'ammoniaque liquide se concentre à la partie inférieure du serpentin et retourne de là à l'évaporateur par la soupape régulatrice.

Machine à chlorure de méthyle. — Dans la machine à chlorure de méthyle exposée par MM. Douane, Jobin et C^{ie}, la pompe de compression travaille à simple effet par le haut ; la tige du piston est à la partie inférieure, de sorte que le chlorure de méthyle ne peut être en contact avec la presse-étoupe que par suite d'infiltra-

tions entre le piston et le cylindre au moment de la compression. Pour éviter cet inconvénient, de la glycérine placée dans la capacité où les organes sont en mouvement remplit la double fonction de lubrifier ces organes et de créer un joint liquide entre le presse-étoupe et le chlorure de méthyle ; de plus, un tube spécial relie la région où ces vapeurs peuvent s'accumuler avec l'aspiration de la pompe, de sorte que l'on a toujours, au-dessus de la glycérine, la pression basse de l'aspiration.

Machine à acide sulfureux. — La pompe de compression employée par la Compagnie industrielle des procédés Raoul Pictet est à double effet ; le piston métallique est garni de segments ; les clapets, au nombre de quatre, sont disposés de chaque côté du cylindre ; chacun d'eux est enfermé dans une chapelle en bronze, extérieure au cylindre et communiquant avec l'un des tuyaux d'aspiration ou de refoulement. Sur la tige de chaque clapet agit un ressort qui exerce une pression de $\frac{1}{20}$ d'atmosphère sur la surface de l'obturateur pour l'aspiration et $\frac{1}{10}$ d'atmosphère au maximum pour la compression. La tension de ces ressorts est réglable de l'extérieur. Le clapet d'aspiration doit être très doux, car les gaz aspirés par la pompe entrent d'autant plus facilement dans le cylindre qu'ils rencontrent moins de résistance.

Le cylindre est à double enveloppe, afin de pouvoir y faire circuler un courant d'eau destiné à diminuer l'échauffement dû à la compression. L'eau qui a circulé dans l'enveloppe pénètre par une tubulure dans la tige du piston qui est creuse, parvient au piston même et revient extérieurement au tube à une autre tubulure. La réunion des tubulures de la tige est obtenue à l'aide de tubes en caoutchouc.

Le condenseur présente l'aspect d'une chaudière tubulaire en cuivre, placée presque horizontalement ; l'arrivée du gaz se fait à la partie supérieure, et le liquide condensé est évacué à la partie la plus basse ; un robinet à vis permet de régler l'écoulement du liquide qui retourne au réfrigérant.

Machine à acide sulfureux et acide carbonique. — Dans la machine à glace exposée par MM. de Nayer et Cie, de Willebroeck (Belgique), on fait usage d'un nouveau liquide Raoul Pictet, qui

est formé par de l'acide sulfureux additionné de 2 $\frac{1}{2}$ à 3 pour 100 d'acide carbonique.

L'acide sulfureux et l'acide carbonique paraissent se combiner par parties égales pour constituer un composé possédant des propriétés spéciales, parmi lesquelles celle de se dissoudre dans l'acide sulfureux lui-même. Le nouveau liquide employé comprendrait donc deux corps : l'un l'acide sulfureux, l'autre en plus faible proportion soluble dans cet acide. Avec ce liquide, la machine fonctionnerait donc à la fois comme une machine à force motrice et comme une machine à affinité ; le mélange par parties égales des deux acides, abandonné à l'aspiration par l'acide sulfureux, se dissoudrait de nouveau dans cet acide, dans le compresseur; mais la faible proportion d'acide carbonique employé permet de croire que l'acide sulfureux lui-même suit également le cycle, de sorte que la machine doit fonctionner suivant les deux modes.

Machine à acide carbonique. — La machine système Windhausen exposée par MM. Halot, de Bruxelles, se compose, comme les autres machines à force motrice, d'un compresseur, d'un réfrigérant et d'un condenseur. La pression nécessaire pour liquéfier l'acide carbonique à la température ambiante étant de 60 à 80^{atm}, la pompe de compression à simple effet, de petite dimension, est très résistante.

Le corps cylindrique dans lequel se meut le piston est relié à un réservoir contenant de la glycérine, liquide dans lequel l'acide carbonique ne se dissout pas. Deux soupapes montées à la partie supérieure de ce réservoir servent à l'aspiration et à la compression du gaz. La glycérine entraînée dans le condenseur est arrêtée par le robinet de réglage qui relie cet appareil au réfrigérant, robinet qui contient un collecteur communiquant au réservoir à glycérine à l'aide d'un tube qui aboutit à une soupape. Lors de l'opération, la soupape se soulève sur son siège et permet à la glycérine de rentrer dans le réservoir.

Le presse-étoupe du piston, formé de deux parties, permet également de ramener au réservoir la glycérine entraînée pendant la marche. La vaporisation de l'acide liquide s'effectue dans l'appareil sous une pression de 25^{atm} ; elle produit un abaissement de température pouvant atteindre 15° au-dessous de zéro.

Comparaison. — Les machines à glace se classent différemment, suivant le point de vue que l'on envisage : on peut chercher la plus économique, celle dont le prix d'acquisition est le moins élevé, celle enfin qui exige le moins d'eau de condensation.

Au point de vue économique, les expériences faites en Allemagne ont classé les machines dans un ordre tout différent que celui constaté en France ; à la suite de ces dernières expériences, qui ont eu lieu à propos de l'installation des appareils frigorifiques à la Morgue de Paris, on a donné la préférence aux machines à affinité de MM. Rouart, alors que les essais faits à Munich avaient été plus favorables aux machines à compression du système Linde.

Le tableau suivant résume la force nécessaire et la quantité d'eau de condensation, supposée à 10°, consommée par les diverses machines :

TYPES.	QUANTITÉS DE GLACE A L'HEURE EN KILOGRAMMES.											
	25.		50.		100.		200.		500.		1000.	
	f.m.	Eau.	f.m.	Eau.	f.m.	Eau.	f.m.	Eau.	f.m.	Eau.	f.m.	Eau
	ch	mc	ch	mc	ch	mc	ch	mc	ch	mc	ch	mc
Fixary.....	3	0,500	4	1,000	6	2,000	10	4,000	25	10,000	42	20....
Linde.....	»	»	3	0,600	5	1,200	»	»	18	6,000	35	12....
Chlorure de méthyle....	»	»	4 à 5	0,500	7 à 10	1,000	15 à 20	2,000	25 à 50	5,000	50 à 60	10....
Raoul Pictet..	2 à 3	0,750	3 à 4	1,500	6	3,000	12	6,000	28	15,000	53	30....
Windhausen..	3	0,400	4 à 5	0,800	7 à 8	1,500	»	»	20	9,000	45	18....

Dans le tableau ne figurent pas les machines à affinité, qui exigent une faible force pour la pompe de refoulement, mais ces appareils sont munis d'un foyer spécial pour le chauffage de la dissolution ammoniacale, ce qui équilibre à peu près la consommation de charbon. On peut, en général, compter avec l'une ou l'autre de ces machines que la tonne de glace revient à 10^{fr} en moyenne et que la consommation de force motrice est d'environ 1 cheval par 25^{kg} de glace produite.

Il est également intéressant de connaître les propriétés des

liquides employés qui peuvent s'échapper des appareils ; elles sont réunies dans le tableau suivant :

	AMMONIAQUE.	CHLORURE de méthyle.	A. sulfureux.	A. carbonique.
Point d'ébullition sous 76^{cm}.....	— 38°,5	— 23°,76	— 10°,08	— 78°,2
Tension de vapeur à + 10° C (cent. de Hg).....	457	267	180	3500
Tension de vapeur à + 15° C.....	542	313	206,5	3965
Chaleur de volatilisation (grandes calories).....	— 4,4	»	— 6,2	— 6,1
Poids moléculaires.....	17	40,5	64	44
Chaleur pour volatiliser 1^{kr} (petites calories)	— 258	»	— 97	139
Densité du gaz par rapport à l'air.	0,5895	0,952	2,25	1,524
Densité du liquide par rapport à l'eau.....	0,636	1,736	1,440	»
Poids du litre de gaz à 0° et 760^{mm}.	0,7655	»	2,87	1,9774

V. — Pompes.

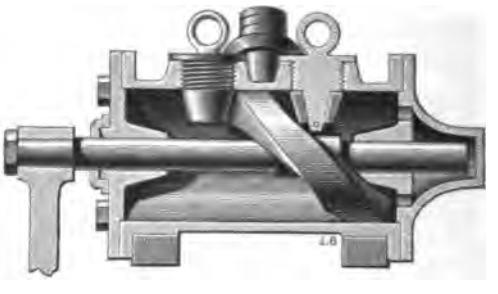
Les pompes qui intéressent le plus le service des poudres sont celles qui peuvent être employées au transvasement des acides concentrés : M. Dumont avait exposé une pompe centrifuge en bronze, en vue des liquides qui attaquent le fer ; M. Neut, une pompe également centrifuge garnie intérieurement d'un métal résistant aux acides ; enfin M. de Montrichard avait exposé une pompe à piston captant qui, à cause de la simplicité de ses organes, pourrait peut-être être utilisée dans le maniement des acides.

Pompes avec galets intérieurs. — Si l'on coupe un cylindre circulaire droit par un plan oblique par rapport à l'axe et que l'on communique à l'ellipse ainsi obtenue un mouvement de rotation autour de l'axe du cylindre, tout en l'obligeant à passer constamment par un point fixe pris sur l'une des génératrices du cylindre, on constate que l'ellipse balaye la surface cylindrique et que chacun de ses points est animé d'un double mouvement de rotation et de translation.

C'est en utilisant ce mouvement elliptique que M. de Mont-

richard a construit les pompes à piston captant avec galets intérieurs, qu'il a exposées dans la classe 52. Le piston est un cylindre métallique (*fig.* 35) dont les sections transversales sont obliques

Fig. 35.



par rapport à l'axe ; il est placé entre deux galets tronconiques et parallèles qui déterminent le point fixe grâce auquel toute impulsion rotative ou rectiligne, exercée sur l'axe, sera transformée en mouvement elliptique.

Les faces du piston, en contact avec ces galets, forment deux rampes en rapport avec les dimensions des galets et établies de manière à obtenir un roulement aussi parfait que possible ; le contact entre le galet et le piston, qui se produit sur le plus grand cercle des galets lorsque le piston est au point mort, s'éloigne de la base du galet et se rapproche des cercles les plus petits lorsque le piston parvient au milieu de sa course.

L'admission dans le corps de pompe et l'émission se font chacune par un orifice ; ces deux ouvertures sont en communication directe lorsque le piston est à l'un des points extrêmes de sa course, le courant est alors libre ; mais, dans l'intervalle, le piston aspire d'un côté et refoule de l'autre ; la période, dans laquelle il n'agit pas sur le liquide, correspond, pour chaque point mort, à un angle de rotation de 80° et à une longueur rectiligne égale aux $\frac{11}{100}$ de la course dans les petites pompes où la course est au diamètre dans le rapport de 7 à 10 ; elle correspond à un angle de rotation de 90° et à une longueur rectiligne égale aux $\frac{15}{100}$ de la course dans les grosses pompes actionnées par courroies où la course est au diamètre dans le rapport de 5 à 10.

Le travail du piston sur le courant est donc nul aux points morts; il atteint son maximum entre le moment où le piston saisit le liquide et celui où il arrive au milieu de sa course, puis il est décroissant pendant la seconde partie de la course; il en résulte que, pour actionner une pompe à piston captant avec une courroie, il faut donner à celle-ci des dimensions plus fortes que celles qui conviendraient pour une force régulière ; le piston ne travaillant que sur un arc de 200°, dans les petites pompes, et de 180° dans les grandes, il est nécessaire de calculer, en général, les dimensions des courroies et des poulies pour un travail double de celui qui sera dépensé en réalité. Enfin, dans les pompes d'une certaine puissance fonctionnant à grande vitesse, pour éviter les chocs qui résulteraient d'accélérations ou de ralentissements brusques du courant, l'expérience indique qu'il est utile de placer, du côté de l'aspiration, un récipient à air d'un volume à peu près équivalent au débit en un tour, et un récipient de capacité au moins double du côté du refoulement lorsque celui-ci a une certaine importance.

Les propriétés caractéristiques des pompes à piston captant sont les suivantes : le courant circule dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'on tourne à droite ou à gauche ; elles fonctionnent à toutes les vitesses depuis o jusqu'à 250 tours par minute pour les petites pompes, depuis o jusqu'à 150 pour les grosses.

Dans les essais qui ont été exécutés en mars et avril 1889, au Conservatoire des arts et métiers, sur une pompe de $0^{m},125$ de diamètre, dont le débit théorique était de 2^{lit} par tour, on a trouvé, pour une élévation de $9^{m},35$ dont $3^{m},25$ en refoulement, un rendement de 72,13 pour 100 (moyenne de 8 expériences).

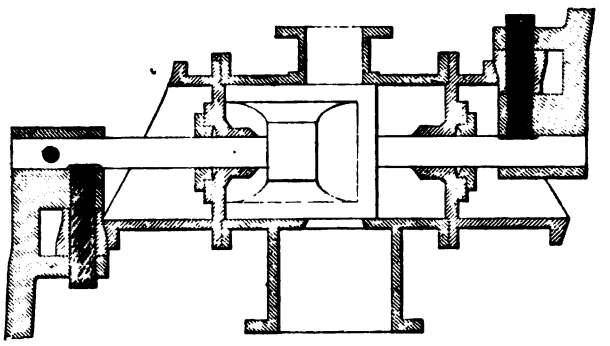
Pour une élévation de $6^{m},10$ sans refoulement, la moyenne de 12 expériences a été de 64,32 pour 100, la pompe étant mue à bras et sa vitesse ayant varié de 62 à 86 tours par minute.

Le rendement en volume dans les premiers essais a été de 85 et de 80 pour 100 dans les seconds.

Pompe avec galets extérieurs. — Ces pompes sont destinées à la mise en circulation des liquides qui attaquent le fer ou qui seraient de nature à produire des détériorations dans les galets. Ces organes sont placés hors de la pompe; mobiles avec l'arbre,

ils l'entraînent en roulant sur deux rampes fixes placées de part et d'autre du corps de pompe (*fig.* 36, 37 et 38).

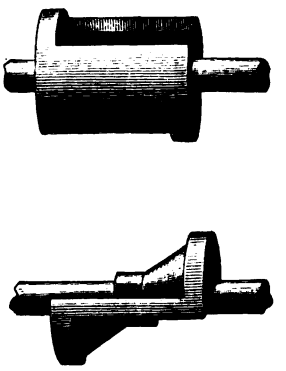
Fig. 36.



Les conduites d'admission et d'émission débouchent dans le corps de pompe aux deux extrémités d'un même diamètre.

Le piston est un cylindre creusé de deux cavités symétriques

Fig. 37, 38.



par rapport au point central; l'une de ces cavités met le côté gauche du corps de pompe en communication avec la conduite d'aspiration pendant que le piston parcourt la moitié d'ellipse qui l'éloigne du côté gauche; puis elle se présente devant la conduite d'émission pendant que le piston parcourt l'autre moitié d'ellipse qui le ramène vers la gauche. L'autre cavité du piston remplit le rôle complémentaire du côté droit.

Il en résulte un courant continu qui change de direction quand on change le sens de la rotation.

L'absence de cuir et de toute garniture distingue cette pompe qui pourrait être employée au maniement des acides, à la condition de recouvrir la paroi intérieure du cylindre d'une substance inattaquable, qui constituerait également le piston.

Pompe siphon. — La pompe siphon, exposée par M. Nègre, se compose d'un tube en caoutchouc assez épais, disposé sur un support suivant un arc de cercle. Un volant porte deux galets placés aux extrémités d'un des diamètres, qui viennent tour à tour aplatir le tube; ce dernier est préservé du contact direct des galets par une gaine de cuir.

Le galet, en écrasant le tube, chasse devant lui l'air qui s'y trouve renfermé; le tube, par suite de son élasticité, reprend sa forme primitive et, l'air ne pouvant rentrer, si l'extrémité du tube plonge dans un liquide, la pression atmosphérique le fait monter.

La pompe étant amorcée, les galets refoulent le liquide contenu dans le tube et en aspirent une nouvelle quantité. La pompe ainsi constituée est donc aspirante et foulante ; elle permet d'aspirer l'eau à 6^m de hauteur et de la refouler à 15^m.

Ne comportant intérieurement aucun organe mécanique, elle pourrait être construite avec la qualité de caoutchouc souple qui résiste le mieux aux acides et se prêter ainsi au transvasement de ces liquides.

Cette pompe a reçu la désignation de *siphon,* car le liquide circulant dans le tube, si l'on supprime l'action des galets et que l'extrémité par laquelle s'écoule le liquide soit un peu plus basse que le niveau du liquide aspiré, l'écoulement se continue de lui-même.

---

§ III.

MATÉRIEL.

I. — Grès.

L'Exposition a montré que la fabrication des produits en grès communs, restée longtemps stationnaire en France, avait pris un

nouvel essor, et que l'industrie nationale pouvait lutter maintenant, même avantageusement dans certains cas, contre les produits importés d'Angleterre, qui étaient presque exclusivement employés auparavant.

Parmi les nombreux exposants, on ne citera que ceux qui produisent des appareils utilisables soit dans la fabrication des produits chimiques, soit dans la préparation des composés nitrés.

L'exposition de M. Augoyard-Perron, de Roanne, comprenait surtout des modèles des divers appareils qu'il livre au commerce; sa fabrication comprend trois types nettement différenciés et qui s'appliquent chacun à des emplois déterminés.

Le type n° 1 est une poterie absolument vitrifiée, à cassure conchoïdale, aussi vitreuse que la porcelaine. Obtenu avec une terre plastique sans mélange, ce grès est cuit à une température de 1900° à 2000°. Ce type ne supporte pas une grande élévation de température et ne résiste pas au chauffage à feu nu; il est employé dans la fabrication des ballons de condensation, des tuyaux, réservoirs, monte-jus, carreaux égoutteurs, robinets, tours d'absorption.

Le type n° 2 est cuit à la même température que le précédent, mais il est rendu plus dilatable par l'addition de sables de même nature que la terre elle-même. La cassure est conchoïdale, mais moins vitreuse que pour le n° 1; il supporte la chaleur des bains de sable, mais il serait dangereux de le chauffer à feu nu; il résiste aux variations brusques de température, ce qui permet de l'employer dans la confection des vases à réaction utilisés dans la fabrication du coton-poudre. Ce grès est peu conducteur de l'électricité, alors que le n° 1 pourrait être employé pour confectionner des isolateurs, étant un très bon isolant.

Résistant moins bien que le précédent à l'action continuelle de l'acide sulfurique à 66°, il est employé pour l'acide nitrique; on prépare avec ce type les terrines à réaction, les appareils de mélange des acides, les bonbonnes de condensation employées dans la fabrication de l'acide nitrique, enfin tous les articles que l'on chauffe pour des préparations.

Dans le type n° 3 entrent en outre des terres plastiques, des sables réfractaires qui donnent au produit des qualités telles qu'il est possible de le chauffer à feu nu, à la condition de surveiller le refroidissement qui peut donner lieu à des fissures lorsqu'il est

trop brusque. Ce type résiste aux acides, mais moins bien que les précédents; sa cassure ne présente plus l'homogénéité des grès nos 1 et 2; il est employé dans la fabrication des terrines et bassines à évaporer et de tous les produits qui doivent aller au feu.

Ces trois grès étaient représentés à l'exposition de M. Augoyard-Perron, à laquelle figuraient des ballons de condensation pour l'acide nitrique, à tubulures hydrauliques, ou ordinaires lorsque le lutage est fait à l'aide d'un ciment d'amiante et de silicate. Pour ces ballons, on emploie l'un ou l'autre des trois grès suivant la nature de l'opération à laquelle on les destine. A côté, on trouvait des anneaux de colonnes de condensation de 70^{cm} de diamètre faits en grès nos 1 et 2, un monte-jus de 800^{lit} de capacité, des robinets, tuyaux, enfin un réservoir de 2140^{lit} en grès no 1, pièce considérable qui était destinée à montrer la qualité de la terre employée, le grès ne s'étant pas déformé, bien qu'il eût été porté à une température de 1900°; une autre difficulté avait été vaincue dans la confection de cette pièce qui ne s'était pas fissurée au moment du refroidissement malgré ses grandes dimensions.

L'exposition de M. Delaherche-Godin, aussi complète que celle de M. Augoyard-Perron, comprenait les divers vases, bonbonnes, cornues, tuyaux, employés dans la fabrication des produits chimiques. La terre glaisée, qui sert à la confection de ces grès artificiels, se rencontre aux environs de la Chapelle-aux-Pots (Oise); elle est cuite à la température de 1200° et, sans l'adjonction d'émail ni de vernis, le grès obtenu résiste à l'action des acides et peut supporter une élévation de température assez forte.

M. Doulton, dont la réputation est bien connue, avait réuni dans un pavillon placé à l'intérieur du Palais des Machines, la série des divers appareils qu'il livre aux industries chimiques. La qualité des produits fabriqués par cet industriel est depuis longtemps reconnue; la régularité des vases et appareils, malgré la haute température à laquelle on est obligé de cuire les poteries, donne une grande valeur à cette fabrication.

On peut citer, parmi les innovations de cette maison, les réservoirs à acide : le grès se prêtant difficilement à la confection de bacs en une seule pièce d'une grande contenance, la maison Doulton exécute des réservoirs qui sont constitués par des panneaux en grès fortement vitrifié, dont les côtés sont parfaitement unis, droits

et pourvus d'une gorge servant à faire le joint; ces panneaux sont reliés entre eux par des boulons. On peut donc monter des réservoirs de la capacité que l'on désire, et, pour éviter le bris qui pourrait être occasionné par des pressions latérales, les réservoirs sont maintenus extérieurement par un châssis en charpente.

Les pompes en grès sont également une des spécialités de la maison Doulton : toutes les pièces sont en grès, le piston parfaitement rodé, les joints faits à l'amiante; les tuyaux d'aspiration et de refoulement sont à collet à bride avec joints hermétiques en caoutchouc; ces pompes peuvent débiter, suivant leur diamètre, jusqu'à 8200^{lit} à l'heure; dans ce cas, le piston possède un diamètre de $0^{m},15$ et une course de $0^{m},38$; le nombre de coups de piston à la minute doit être égal au moins à 25, et le rendement peut s'élever, paraît-il, jusqu'à 80 pour 100.

II. — Caoutchouc.

La fabrication du caoutchouc est variable suivant la qualité des produits que l'on veut obtenir; elle comporte notamment l'addition aux gommes de produits minéraux qui modifient les propriétés du caoutchouc d'une façon quelquefois heureuse lorsque les proportions indiquées par l'expérience sont observées, mais qui permettent aussi de fabriquer des produits inférieurs lorsqu'on dépasse certaines limites. Cet abaissement de la valeur est obtenu, soit en faisant usage de gommes de qualités inférieures, soit en ajoutant au caoutchouc des oxydes de plomb et de zinc, des carbonates alcalino-terreux, des sulfates de baryte et de chaux. Cette adjonction de matières rend le caoutchouc durci plus attaquable aux acides.

Le caoutchouc durci commence à se ramollir à la température de 80°: il prend alors l'aspect du caoutchouc souple; l'addition de certaines matières minérales permet d'élever la température à laquelle se produit ce changement; lorsqu'il revient à la température ambiante, le caoutchouc reprend sa dureté. Soumis à des alternatives d'échauffement et de refroidissement, le caoutchouc se ramollit plus difficilement, augmente de dureté et devient cassant.

D'une composition bien choisie et d'une cuisson convenable, le caoutchouc durci peut supporter des pressions élevées sans se

briser; quand sa dureté est insuffisante, il s'emboutit sous l'action de la pression, et l'on remédie à cet inconvénient en le chauffant dans de l'eau bouillante pour le ramollir, puis le comprimant fortement à la presse, dans laquelle on le laisse refroidir.

Dans la collection très complète des produits en caoutchouc durci exposés par MM. Bapst et Hamet, on peut citer un ventilateur fabriqué pour MM. Geneste, Herscher et C^ie^; ce durci, d'une composition spéciale pour résister à l'action des vapeurs nitreuses, a été essayé pour un premier ventilateur qui, au bout de six mois de marche, se trouvait en parfait état de conservation.

Avec ce même produit, on fabrique des pompes aspirantes et foulantes, ou rotatives, de toute grandeur et d'un rendement moyen de 60 à 65 pour 100; la résistance de ces pompes varie suivant l'épaisseur que l'on donne aux parois.

C'est encore avec ce produit que l'on fabrique le petit outillage employé dans les fabriques de produits chimiques, qui comprend les palettes, pochons, siphons, tuyaux de tous genres, robinets flotteurs ou indicateurs. Tous ces ustensiles résistent à l'action de l'acide sulfurique à 66°, mais leur durée est d'environ six mois à un an avec l'acide nitrique à 48°.

Parmi les produits en caoutchouc souple exposés par MM. Bapst et Hamet, figuraient les gants et moufles que l'on fait porter aux ouvriers qui manient les acides. Ces gants peuvent être fabriqués en feuille dite *anglaise :* dans ce cas, la pièce est découpée dans une feuille de caoutchouc, sciée à l'épaisseur convenable; les deux parties qui constituent les deux faces du gant sont rapprochées et soudées au marteau, puis la pièce est cuite au bain de soufre. Mais ce procédé de soudure n'est pas toujours parfait; aussi fabrique-t-on également des gants en mélangeant le caoutchouc avec la proportion de soufre nécessaire, et, emprisonnant la pièce dans un moule en fonte, on fait cuire le mélange; dans ce cas, la soudure est complète et le gant d'un meilleur usage.

La Société générale des téléphones avait exposé les produits qu'elle fabrique à son usine de Bezons, parmi lesquels on peut signaler les cylindres de papeterie en caoutchouc durci : ces cylindres sont constitués par un arbre en fer ou acier entouré d'une couche de caoutchouc souple, recouverte elle-même par une certaine épaisseur de caoutchouc durci, tourné et poli. La résistance

de ces cylindres permettrait de les employer dans les grenoirs ordinaires à la place des cylindres en gaïac; d'une résistance presque équivalente, ils auraient la propriété de céder si un corps résistant s'engageait dans l'appareil, le durci possédant encore une certaine élasticité qui, dans ce cas, est augmentée par la couche de caoutchouc souple placée au-dessous.

La Société des téléphones avait également exposé des pièces en gutta-percha, obtenues par emboutissage et destinées à remplacer les cuirs emboutis dans les pompes et les presses; d'après les expériences faites par cette société, la gutta résisterait dans ces conditions à une pression de 150^{atm}. Enfin de nombreux vases en gutta figuraient au pavillon de la Société des téléphones, vases employés dans le maniement des acides, en particulier de l'acide fluorhydrique. Des pompes en caoutchouc durci étaient également exposées; elles avaient une épaisseur de paroi de 2^{cm} à 3^{cm} et pouvaient refouler de l'eau à 15^{m} de hauteur.

A côté des nombreux produits qu'ils fabriquent pour les installations électriques, MM. Menier avaient exposé les plaques en caoutchouc durci employées dans la compression des poudres, qu'ils ont livrées les premiers au Service. M. Renard avait également réuni une collection très complète de ses produits, et M. Torrilhon avait exposé les sacs en caoutchouc utilisés pour le transport de certaines poudres et les joints employés pour la fermeture des caisses.

CHAPITRE III.

MATÉRIAUX LÉGERS ET INCOMBUSTIBLES.

Les matériaux légers et incombustibles étaient représentés à l'Exposition par les agglomérés de liège exposés par M. Brudenne et par la brique liège réfractaire de MM. Huet et Beudon; M. Émile Muller avait exposé, dans la classe 63, divers dispositifs d'emploi du coton minéral dans la construction.

Les agglomérés de liège, de M. Brudenne, mélanges à poids à peu près égaux de pâte à papier et de liège en grains, sont utilisés par le service des poudres dans la construction de divers ateliers. Le poids spécifique de ce produit est environ 0,30; il est aussi mauvais conducteur de la chaleur que le liège, et supporte sans détérioration une élévation de température de 180°.

La brique liège réfractaire que MM. Huet et Beudon avaient exposée peut être faite de façon que son poids ne dépasse pas $0^{kg},700$ par décimètre cube; pour que ce produit possède une résistance plus grande, on est obligé d'augmenter sa densité. Cette brique qui pourrait, comme les agglomérés de liège, être employée dans le recouvrement intérieur des séchoirs, a été utilisée pour le garnissage des chaudières de certains torpilleurs.

Le coton minéral exposé par M. Muller et C^ie^ est produit par le laitier coulant des hauts fourneaux et recevant à ce moment l'insufflation d'un jet de vapeur. Sa composition est sensiblement la suivante :

Silice	32,60	100
Alumine	28,60	
Chaux	28,00	
Fer, magnésie, soufre, etc.	10,80	

Non tassé, le mètre cube de coton minéral pèse environ 100^{kg}; mais, fortement tassé, le poids du mètre cube peut s'élever à 400^{kg}.

Les propriétés de ce produit, comme calorifuge, ont été étu-

diées par M. Brull au moyen d'un cylindre en fer-blanc de $0^m,0007$ d'épaisseur, de $0^m,20$ de diamètre et de $0^m,20$ de hauteur.

De l'huile animale remplissant l'appareil était portée à une température de 160°; on observait le refroidissement, à l'aide d'un thermomètre plongeant au centre du liquide. Les expériences, répétées avec divers enduits, ont donné les résultats suivants (1) :

	ÉPAISSEUR.	TEMPÉRATURES extérieure.	TEMPÉRATURES après 5 heures de refroidissement.	TEMPS nécessaire pour refroidir à 102°.	RAPPORT des chaleurs transmises.	COEFFICIENTS de conduction.
	mm	°	°	h m		
Métal nu.....	»	16	38	1.48	1	»
Liège pur.....	12	16,6	76	3.05	0,42	0,070
Liège pur.....	18	15,6	79	3.30	0,37	0,084
Liège aggloméré....	15	16,8	81	3.40	0,36	0,067
Liège aggloméré....	21	16,6	90	4.25	0,29	0,094
Feutre..... ...	20	16,5	87	4.03	0,32	0,075
Paille.....	25	17,0	88	4.10	0,31	0,090
Coton minéral.....	40	15,2	96	5.00	0,26	0,113

Ce produit se classe donc après le feutre, le liège et la paille; mais il jouit de la propriété d'être incombustible que ne possédaient pas ces différentes substances.

Le coton minéral se prête au remplissage des cloisons ; il peut être employé pour garnir les entrevoux, planchers, plafonds, rampants de toits ; ces divers emplois, qui étaient représentés à l'exposition de M. Muller, peuvent être réalisés soit en formant l'encaissement avec du bois, soit en faisant usage de toiles métalliques qui supportent le coton minéral.

Peintures incombustibles. — Pour réduire l'action de la chaleur sur les tissus à une simple calcination, pour les rendre ininflammables et, par suite, incapables d'allumer ou d'entretenir un

(1) Ser, *Traité de physique industrielle* 1 : 200.

incendie, il faut satisfaire aux conditions indiquées par Gay-Lussac dès 1821 :

1° Pendant toute la durée de l'action de la chaleur, le tissu doit avoir ses filaments garantis du contact de l'air qui en déterminerait la combustion.

2° Les gaz combustibles, que l'action de la chaleur en dégage, doivent être mélangés en assez forte proportion avec d'autres gaz difficilement combustibles pour n'être plus inflammables.

Un concours pour la solution de ce problème a été ouvert, en 1879, par la Société d'encouragement; sur le rapport de M. Troost, une prime de 1000^{fr} fut accordée au seul concurrent, M. Martin, dont l'ignifuge appartient actuellement à M. Haret.

La sous-commission désignée par la Société d'encouragement a exécuté un certain nombre d'expériences sur des tarlatanes, une cotonnade, une grosse cretonne, une toile de décors d'un théâtre, des papiers et un berceau de poupée complet avec sa literie et ses rideaux résumant l'application générale des procédés présentés.

Afin de tenir compte des conditions dans lesquelles ces divers tissus doivent être employés, les objets ont été exposés, du 1er avril au 13 novembre 1879, dans une étuve maintenue à une température de 35° à 37°, et traversée par un courant d'air.

Après cette exposition, on a constaté que les tissus étaient restés ininflammables et que les bois du berceau se sont carbonisés sans s'enflammer.

Depuis cette époque, l'ignifuge Martin a été employé pour la peinture des décors d'un grand nombre de théâtres. Ce produit peut également servir à recouvrir les bois : on prépare de la peinture à la colle et de la peinture à l'huile, on applique ces deux ignifuges au pinceau comme de la peinture ordinaire, mais on peut aussi les employer à injecter les bois que l'on veut préserver.

Les produits exposés par la société l'Incombustibilité comprennent diverses compositions appropriées aux matériaux qui entrent dans la construction; les unes sont spécialement destinées à recouvrir les bois, les autres les papiers et les étoffes.

La base de ces liquides ou de ces peintures est la même : elle comprend deux matières dont l'une a pour but de produire, sous l'influence de la chaleur, des gaz non comburants et l'autre de se

transformer en un vernis incombustible, ne laissant pas pénétrer l'air jusqu'au corps atteint par l'incendie.

La société l'Incombustibilité s'est arrêtée au tungstate de soude et au mélange d'acide borique et de borate de soude. Ces deux derniers corps, sous l'influence de la chaleur, forment le vernis isolant, tandis que le tungstate de soude se dédouble sans décomposition ni dégagement d'oxygène.

Ces produits ne peuvent pas empêcher la combustion, mais seulement arrêter la propagation de la flamme ; du bois enduit avec les compositions exposées et placé dans un foyer brûle, mais toute la partie qui ne se trouve pas en contact direct avec la flamme du foyer reste intacte.

L'effet utile de ces produits se fait d'autant mieux sentir que les bois sur lesquels on les applique sont plus poreux ; on doit donc préférer les bois blancs aux bois durs ; il faut enduire les bois sans rabotage préalable, la quantité de peinture retenue dans ces conditions étant plus considérable ; il est nécessaire également d'employer ces produits à une température de 70° à 80° afin de les faire mieux pénétrer et de donner un nombre de couches plus grand lorsque l'équarrissage augmente.

Les produits exposés ne laissent aucune trace de leur application ; ils ne sont pas hygrométriques, ne s'écaillent pas et leur durée est presque indéfinie. Des expériences nombreuses faites avec les produits de la société l'Incombustibilité paraissent montrer qu'ils empêchent réellement la propagation de la flamme.

CHAPITRE IV.

ÉTUDE DES CANONS EXPOSÉS.

Dans ses *Recherches théoriques sur le chargement des bouches à feu* (1), M. l'ingénieur en chef Sarrau a indiqué la méthode que

(1) *Mémorial des poudres et salpêtres* 1 : 35.

l'on doit suivre pour apprécier les effets balistiques qu'il est possible d'obtenir dans une bouche à feu existante avec une pression maximum déterminée et une valeur du module comprise entre des limites choisies.

En appliquant cette méthode aux bouches à feu exposées qui n'appartiennent pas aux types réglementaires, dont les données nous ont été communiquées et le maximum de pression fixé par les constructeurs, nous rechercherons quelles sont les poudres, noires et brunes, qui doivent donner dans ces canons les meilleurs résultats.

Société anonyme des anciens établissements Cail. — La Société anonyme des anciens établissements Cail avait exposé un canon de 155 marin et un canon de 320 de côte.

Canon de 155 marin. — Les données de cette bouche à feu sont (1) :

$$c = 1{,}565, \quad s = 25{,}40, \quad u = 38{,}75, \quad p = 50, \quad P_0 = 3000 \text{ (2)}.$$

Dans le tableau ci-après, nous avons réuni les valeurs de ϖ, ν et τ calculées d'après les formules de M. Sarrau, pour des valeurs de x décroissant par degrés égaux à 0,1 à partir de 1,2 :

x.	ϖ.	Δ.	ν.	τ.
1,2.....	18,60	0,7308	579,9	1,073
1,1.....	20,20	0,7937	591,8	1,171
1,0.....	21,31	0,8382	605,0	1,288
0,9.....	22,66	0,8902	620,0	1,432
0,8.....	24,24	0,9522	637,1	1,610
0,7.....	26,08	1,0242	653,5	1,840
0,6.....	28,57	1,122	667,0	2,147
0,5.....	31,71	1,245	677,0	2,576

On peut donc obtenir, sans dépasser une pression de 3000^{kg} par centimètre carré, une vitesse de 640^{m} avec une poudre prisma-

(1) Les notations sont celles adoptées par M. Sarrau; les unités sont le décimètre, le kilogramme et la seconde.

(2) Kilogrammes par centimètre carré.

tique brune dont la durée de combustion serait égale à 1,610. c'est-à-dire intermédiaire entre les durées de combustion des poudres PB_2 et PB_3.

La société compte faire usage de PB_3, dont la durée de combustion est 1,514 ; avec cette poudre, à la charge de 25^{kg}, que l'on compte employer, on obtiendra une vitesse de 647^{m},7 avec une pression de 3367^{kg}; la poudre PB_2, à la même charge, ne donnerait que 620^{m}, mais la pression ne dépasserait pas 2500^{kg}.

Canon de 320 de côte. — Les données sont :

$c = 3{,}215$, $s = 218$, $u = 92{,}53$, $p = 400$, $P_0 = 3000$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	170,8	0,7836	630,2	2,284
1,1.....	179,5	0,8235	639,4	2,491
1,0.....	189,6	0,8696	653,7	2,740
0,9.....	201,3	0,9236	669,9	3,045
0,8.....	215,4	0,9879	688,3	3,426
0,7.....	232,4	1,0662	706,2	3,915
0,6.....	253,8	1,164	720,7	4,568
0,5.....	281,7	1,292	731,4	5,481

Dans les tirs exécutés à Calais, les 7, 8 et 9 mai 1889, on a obtenu une vitesse de 650^{m} à la charge de 190^{kg}, avec une poudre fabriquée par la poudrerie de Sevran, qui était intermédiaire entre le PB_1 et le PB_2 ; elle avait donné dans le canon de 27^{cm} mod. 1870 M, à la charge de 70^{kg}, une vitesse de 480^{m} avec une pression de 1700^{kg}.

En faisant usage de poudre PB_1, dont la durée de combustion est de 3,132, on pourrait obtenir à la charge de 205^{kg} une vitesse de 667^{m},9, sans dépasser 3000^{kg} de pression.

Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer. — La Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de Saint-Chamond avait exposé un canon de 275^{mm} de 30 calibres, un canon de 155^{mm} de 36 ca-

libres, un canon démontable de 80^{mm} de montagne et un canon de 47^{mm} à tir rapide.

Canon de 275^{mm} de 30 calibres.

$c = 2{,}7675$, $s = 95{,}61$, $u = 65{,}813$, $p = 235$, $P_0 = 2600$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	75,86	0,793	558,3	1,715
1,1.....	79,72	0,833	569,7	1,871
1,0.....	84,19	0,880	582,5	2,058
0,9.....	89,41	0,935	596,9	2,287
0,8.....	95,64	1,001	613,3	2,572
0,7.....	103,22	1,079	629,1	2,940
0,6.....	112,70	1,178	642,2	3,430
0,5.....	125,10	1,308	651,7	4,116

On peut obtenir avec de la poudre PB_2 une vitesse de 575^{m} avec une pression au plus égale à 2600^{kg}.

Canon de 155^{mm} de 36 calibres.

$c = 1{,}562$, $s = 24{,}35$, $u = 43{,}108$, $p = 40$, $P_0 = 2750$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	17,77	0,7297	632,2	1,014
1,1.....	18,67	0,7669	645,1	1,107
1,0.....	19,72	0,8098	659,5	1,217
0,9.....	20,94	0,8601	675,8	1,352
0,8.....	22,40	0,920	694,5	1,522
0,7.....	24,18	0,993	712,4	1,739
0,6.....	26,40	1,084	727,1	2,029
0,5.....	29,30	1,203	738,0	2,435

On peut obtenir, avec une poudre un peu plus lente que la poudre PB_2, une vitesse de 695^{m} ; avec la poudre PB_3 elle-même, à la charge de 22^{kg},50, on aurait une vitesse de 697^{m} avec une pression de 2780^{kg}.

Canon de 80^{mm} de montagne.

$c = 0{,}8067$, $s = 0{,}925$, $u = 12{,}075$, $p = 5{,}6$, $P_0 = 1600$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	0,638	0,690	346,0	0,389
1,1.....	0,670	0,725	353,1	0,424
1,0.....	0,708	0,765	361,0	0,467
0,9.....	0,752	0,813	369,9	0,518
0,8.....	0,804	0,869	380,1	0,583
0,7.....	0,851	0,920	385,1	0,567
0,6.....	0,948	1,025	398,0	0,778
0,5.....	1,052	1,138	403,9	0,933

Ce canon, tiré avec de la poudre C_1 à la charge de 600^{gr}, a donné une vitesse de 305^{m} avec une pression de 1200^{kg}; le calcul accuse une vitesse de 316^{m} avec une pression de 1050^{kg} avec cette charge.

On voit que, en conservant la même poudre dont la durée de combustion est 0,511, on obtiendrait, avec une pression moyenne de 1600^{kg}, une vitesse de 365^{m} environ, à la charge de 750^{gr}; on pourrait même employer la poudre C_2 à la charge de 800^{gr}, et l'on obtiendrait, avec la même limite pour la pression, une vitesse voisine de 380^{m}.

Canon de 47^{mm} à tir rapide.

$c = 0{,}4785$, $s = 0{,}781$, $u = 17{,}31$, $p = 1{,}490$, $P_0 = 2500$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	0,508	0,6515	557,6	0,405
1,1.....	0,534	0,6848	569,0	0,442
1,0.....	0,564	0,7231	581,8	0,486
0,9.....	0,600	0,768	596,1	0,540
0,8.....	0,641	0,8214	612,6	0,607
0,7.....	0,692	0,886	628,4	0,694
0,6.....	0,756	0,968	641,4	0,810
0,5.....	0,839	1,074	650,9	0,972

On peut obtenir, avec de la poudre SP_1, à la charge de 750^{gr}, une vitesse de 735^{m} avec une pression de 2400^{kg}.

Société anonyme des anciens établissements Hotchkiss. — La société anonyme des anciens établissements Hotchkiss avait exposé des canons à tir rapide, système Hotchkiss, de 100^{mm}, 75^{mm}, 65^{mm}, 57^{mm} à grande puissance et 57^{mm} léger.

Canon à tir rapide de 100^{mm}. — Les données sont :

$$c = 1{,}0097, \quad s = 6{,}56165, \quad u = 35, \quad p = 15, \quad P_0 = 2500.$$

Avec les cartouches métalliques employées dans les canons à tir rapide, la ceinture du projectile n'arrive pas exactement à l'extrémité du cône de forcement ; il en résulte que, au moment de l'inflammation de la charge de poudre, une partie du gaz passe par l'intervalle existant entre le projectile et l'âme ; les formules de M. Sarrau ne sont alors applicables qu'avec une correction.

En déduisant du volume de la chambre du canon le volume total de la douille et du projectile engagé, on obtient une densité de chargement trop forte ; la société Hotchkiss admet que le volume de la chambre qui permet de tenir compte du vent est obtenu en déduisant du volume de la chambre la moitié seulement du volume de la douille et du projectile engagé ; c'est en suivant ces indications que les valeurs de s ont été calculées.

x.	ϖ.	Δ.	ρ.	τ.
1,2.....	4,475	0,682	528,7	0,866
1,1.....	4,703	0,716	539,5	0,945
1,0.....	4,966	0,756	551,5	1,039
0,9.....	5,274	0,803	565,2	1,154
0,8.....	5,641	0,859	580,8	1,299
0,7.....	6,089	0,928	595,8	1,485
0,6.....	6,649	1,013	608,1	1,732
0,5.....	7,379	1,124	617,1	2,078

Avec de la poudre SP_2, à la charge de $5^{kg},5$, on a obtenu une vitesse de 571^{m} avec une pression de 2505^{kg} ; en faisant usage de poudre SP_3, on aurait, à la charge de 6^{kg}, une vitesse de $565^{m},6$,

c'est-à-dire très voisine de celle donnée par la poudre SP_2; mais la pression serait réduite à 1987^{kg}.

Canon à tir rapide de 75mm.

$c = 0,7556$, $s = 3,5888$, $u = 27,75$, $p = 6,4$, $P_0 = 2500$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	2,225	0,620	549,6	0,673
1,1.....	2,339	0,651	560,8	0,734
1,0.....	2,470	0,688	573,3	0,808
0,9.....	2,623	0,731	587,5	0,897
0,8.....	2,806	0,782	603,7	1,0097
0,7.....	3,028	0,824	619,2	1,154
0,6.....	3,307	0,921	632,0	1,347
0,5.....	3,670	1,022	641,5	1,616

Avec la poudre SP_2, pour laquelle la valeur de τ est égale à 0,932, on peut obtenir, à la charge de $3^{kg},200$, une vitesse de $636^{m},4$ avec une pression de 2570^{kg}.

Canon à tir rapide de 65mm.

$c = 0,6558$, $s = 1,9295$, $u = 24,04$, $p = 4$, $P_0 = 2500$.

x.	ϖ.	Δ	v.	τ.
1,2.....	1,292	0,669	547,9	0,5707
1,1.....	1,358	0,703	559,0	0,622
1,0.....	1,434	0,743	571,6	0,685
0,9.....	1,523	0,789	585,7	0,761
0,8.....	1,629	0,844	601,9	0,856
0,7.....	1,758	0,911	617,4	0,978
0,6.....	1,920	0,995	630,1	1,141
0,5.....	2,131	1,104	639,5	1,370

La société a adopté, pour le tir de ce canon, de la poudre C_3 brune qui donne, à la charge de $1^{kg},65$, une vitesse de $617^{m},9$ avec 2450^{kg} de pression; parmi les poudres réglementaires, la

poudre SP_2, dont la durée de combustion est égale à 0,932, aurait donné des résultats équivalents.

Canon à tir rapide de 57^{mm} à grande puissance.

$c = 0{,}5745$, $s = 0{,}99867$, $u = 20{,}08$, $p = 2{,}72$, $P_0 = 2500$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	0,739	0,740	522,6	0,491
1,1.....	0,777	0,778	533,3	0,535
1,0.....	0,820	0,821	545,2	0,589
0,9.....	0,871	0,872	558,8	0,654
0,8.....	0,932	0,933	574,2	0,736
0,7.....	1,0058	1,0071	588,9	0,841
0,6.....	1,098	1,100	601,1	0,982
0,5.....	1,219	1,22	609,9	1,178

La société Hotchkiss emploie, pour le tir de ce canon, de la poudre C_2 noire ou brune : avec la poudre C_2 ordinaire, à la charge de 895^{gr}, on obtient une vitesse de 553^{m} et, avec la poudre C_2 brune, à la charge de 930^{gr}, on réalise 610^{m} de vitesse ; les pressions constatées n'ont pas été indiquées. On pourrait, en tirant de la poudre SP_1 à la charge de 950^{gr}, obtenir une vitesse de 571^{m} avec une pression inférieure à 2300^{kg}.

Canon à tir rapide de 57^{mm} léger.

$c = 0{,}5745$, $s = 0{,}71669$, $u = 11{,}34$, $p = 2{,}72$, $P_0 = 2000$.

x.	ϖ.	Δ.	v.	τ.
1,2.....	0,457	0,638	391,6	0,369
1,1.....	0,480	0,670	399,5	0,4025
1,0.....	0,507	0,708	408,5	0,442
0,9.....	0,539	0,752	418,6	0,492
0,8.....	0,576	0,804	430,2	0,553
0,7.....	0,622	0,868	441,2	0,632
0,6.....	0,679	0,947	450,2	0,737
0,5.....	0,754	1,052	457,1	0,885

La société Hotchkiss emploie, dans ce canon, de la poudre C_2 : à la charge de 650^{gr}, on doit obtenir une vitesse de $451^{m},2$ avec une pression de 2033^{kg} ; avec de la poudre SP_1, à la charge de 750^{gr}, on obtiendrait 465^{m} de vitesse avec une pression de 2068^{kg}.

Paris, 1er mai 1890.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION

DES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

PENDANT L'ANNÉE 1889 (1).

Ce rapport, établi conformément à l'art. 4 du décret constituant la Commission des substances explosives, comprend les objets suivants :

1° *Analyse des rapports adressés au ministre pendant l'année* 1889;

2° *Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des rapports établis pendant l'année.

Rapport n° 63. — *Sur l'examen de nouveaux échantillons de romite.*

(1re section; rapporteur : M. Bruneau).

La Commission des substances explosives a été saisie, par dépêche ministérielle du 1er février 1886, de l'étude de la romite, et un rapport de la Commission, adopté dans la séance du 5 juillet 1888, a conclu au rejet de la demande d'autorisation de fabriquer en France, formée par M. le baron de Paget. La Commission avait estimé que, d'une part, la poudre chloratée présentée sous le nom de *romite* rentrait dans la catégorie des matières monopolisées par

(1) Voir 1 432 et 2 573 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1888.

l'État, et que, d'autre part, l'État n'avait pas intérêt à entreprendre la fabrication de ce produit, en raison de sa conservation difficile.

Au mois de mars 1889, M. DE BOISMONTBRUN a adressé à M. le président de la Commission une demande tendant à une nouvelle autorisation de fabriquer la romite, se basant sur les différences que peut présenter cet explosif suivant l'origine des matières premières servant à sa fabrication, et il a présenté deux échantillons, l'un d'origine suédoise, l'autre fabriqué en France.

La Commission, après avoir constaté l'identité des nouveaux produits avec les échantillons antérieurs, au point de vue de la composition et des propriétés physiques, n'a pas cru devoir procéder à des essais plus étendus et a maintenu les conclusions de son premier rapport.

RAPPORT N° 64. — *Sur l'examen de demandes d'importation de dynamites, présentées par* M. FAILLE.

(1re section; rapporteur : M. VIEILLE).

Les demandes en autorisation formées par M. FAILLE ont été soumises à l'examen de la Commission, par dépêches ministérielles du 13 février et du 28 août 1888.

Elles concernaient 3 types de dynamite dénommés :

Dynamite à l'ammoniaque;

Gélatine-dynamite;

Dynamite à l'azotate d'ammoniaque.

La Commission n'a reçu les échantillons annoncés par M. Faille que le 2 avril 1889. Un seul, désigné sous le nom de *gélatine-dynamite,* répondait sensiblement à la composition annoncée dans les demandes de M. Faille, les deux autres en différant complètement, soit par la nature des matières premières, soit par la proportion des éléments.

Informé de cette situation, M. Faille a sollicité l'examen séparé de la gélatine-dynamite.

La Commission, après avoir soumis cet échantillon aux conditions de conservation normales ou extrêmes de la pratique, a émis l'avis que ce type de dynamite présente des garanties de stabilité et de sécurité suffisantes pour que l'introduction et la circulation en France puissent en être autorisées.

Rapport n° 65. — *Sur l'étude de la bronolithe.*

(1re section; rapporteur : M. Liouville.)

L'étude de la bronolithe a été soumise à la Commission par dépêche ministérielle du 2 juillet 1889.

Cet explosif, présenté par M. Eisenmann, se compose de plusieurs picrates doubles, soude et baryte, soude et plomb, associés, en proportions variables suivant les échantillons, au picrate de potasse, au salpêtre et à de petites quantités de matières agglutinantes, telles que gomme et naphtaline nitrée.

Au point de vue de la sensibilité au choc, les bronolithes se sont classées comparables au coton-poudre.

Au point de vue de leur puissance, les échantillons de bronolithe soumis à la Commission se classent comme des explosifs intermédiaires entre la poudre noire et le coton-poudre.

La Commission a émis l'avis que les bronolithes proposées par M. Eisenmann ne constituent pas des composés chimiques explosifs nouveaux, au sens de la loi du 8 mars 1875, et que l'État n'aurait aucun intérêt à en entreprendre la fabrication.

II. — Revue des travaux effectués pendant l'année.

ÉTUDE N° 5.

Étude des effets des chocs sur les composés explosifs azotés.

Cette étude, d'ordre général, n'a pas donné lieu à des recherches spéciales dans le cours de l'année 1889; mais elle s'est trouvée complétée par les recherches entreprises sur la sensibilité des poudres picratées, à l'occasion de l'étude de la bronolithe.

ÉTUDE N° 44.

Mesure de la vitesse de transmission de la détonation dans les explosifs.

Cette étude a été suspendue à la suite d'un accident survenu, à la poudrerie de Sevran-Livry, au cours d'expériences concernant la vitesse de transmission de la détonation du nitrate de méthyle dans des tubes de verre. L'explosif a détoné par le simple frottement de

deux tubes de verre raccordés par un manchon de caoutchouc, en blessant gravement à la main un des opérateurs. Ces recherches vont être reprises dans des conditions de sécurité plus complètes.

ÉTUDE N° 57.

Étude de la romite.

Cette étude, qui avait été reprise à la demande de M. DE BOISMONTBRUN, a été terminée par le rapport n° 63, analysé plus haut (p. 171).

ÉTUDE N° 66.

Étude des questions relatives à l'emploi des explosifs en présence du grisou.

Des essais ont été entrepris, dans les mines d'Anzin, Blanzy, Firminy et Ronchamp, sur divers explosifs préconisés par la Commission et préparés par la poudrerie de Sevran. Plusieurs d'entre eux ont donné de bons résultats, lesquels ont été résumés par une note de M. Mallard, en date du 11 avril 1889.

L'étude est poursuivie sur les divers types d'explosifs à basse température de déflagration, présentés par divers inventeurs comme répondant aux exigences formulées par la Commission.

Ces essais seront étendus aux allumeurs de sûreté présentés par MM. DAVEY, BICKFORD, SMITH et C^ie^, de Rouen.

ÉTUDE N° 74.

Examen des demandes d'importation de dynamites présentées par M. Faille.

Cette étude a fait l'objet d'un rapport dont l'analyse a été donnée plus haut (p. 172) et qui concerne un seul des types présentés par M. FAILLE. L'étude des autres types n'a pu être entreprise, faute d'échantillons.

ÉTUDE N° 79.

Étude de l'explosif Fraenckel.

Il résulte de l'examen de la Commission que l'explosif présenté par M. FRAENCKEL est identique à la romite.

La Commission ne peut donc que maintenir les conclusions

qu'elle a formulées dans son rapport relatif à ce dernier explosif (p. 171).

ÉTUDE N° 80.

Étude de la bronolithe.

Cette étude se trouve close par le rapport dont l'analyse a été donnée plus haut (p. 173).

ÉTUDE N° 81.

Étude des allumeurs de sûreté présentés par MM. Davey, Bickford, Smith et C^ie^.

La question soumise à la Commission ne concerne que les conditions de sécurité, de transport et d'emmagasinage des allumeurs de sûreté de MM. DAVEY, BICKFORD, SMITH et C^ie^.

La Commission se propose de vérifier également les assertions des inventeurs en ce qui concerne l'innocuité de leur emploi dans les mines grisouteuses.

ÉTUDE N° 82.

Emploi des explosifs dans les mines.

Cette étude a été entreprise par la Commission, en vue de rechercher les meilleures conditions d'adaptation des explosifs aux conditions variables réalisées dans les exploitations minières.

Les premiers essais ont porté sur la mesure des pressions maximums réellement développées dans les trous de mine, et ces essais ont montré que, dans les matériaux peu résistants, tels que le gypse, les pressions maximums développées par la poudre noire au fond du trou de mine ne dépassent pas 600^kg^; les explosifs plus vifs, tels que le coton-poudre pulvérulent employé à une charge et une densité de chargement réduite dans le rapport des forces, ont fourni des pressions atteignant 2000^kg^, avec des rendements avantageux.

Ces essais vont être poursuivis dans des carrières de grès situées à proximité de la poudrerie du Bouchet.

Paris, 13 février 1890.

Le secrétaire,
VIEILLE.

Vu :
Le président,
BERTHELOT.

ANNEXE.

COMPOSITION DE LA COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES AU 31 DÉCEMBRE 1889.

Aucune mutation n'étant survenue dans le cours de l'année 1889, la composition de la Commission, au 31 décembre de la même année, est la suivante :

MM. BERTHELOT, sénateur, membre de l'Académie des sciences, président;

CASTAN, colonel d'artillerie, directeur de la poudrerie du Bouchet, membre titulaire;

CORNU, ingénieur en chef des mines, membre de l'Académie des sciences, membre titulaire;

HAFFEN, chef de bataillon du génie, membre titulaire;

LAMBERT, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, directeur de la poudrerie nationale de Sevran-Livry, membre titulaire;

SARRAU, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, membre de l'Académie des sciences, directeur du Laboratoire central des poudres et salpêtres, membre titulaire;

SEBERT, colonel d'artillerie de la marine, directeur du Laboratoire central de la marine, membre titulaire;

VIEILLE, ingénieur des poudres et salpêtres, secrétaire de la Commission, membre titulaire;

ABAUT, chef d'escadron d'artillerie, membre adjoint;

BERTRAND, capitaine du génie, membre adjoint;

BRUGÈRE, général de brigade, secrétaire général de la présidence de la République, membre adjoint;

BRUNEAU, sous-ingénieur des poudres et salpêtres, membre adjoint;

DÉSORTIAUX, ingénieur des poudres et salpêtres, membre adjoint;

JACOB DE MARRE, chef d'escadron d'artillerie de la marine, membre adjoint;

LIOUVILLE, ingénieur des poudres et salpêtres, membre adjoint;

LOUIS, capitaine d'artillerie, membre adjoint;

VUILLEMIN, chef d'escadron d'artillerie de la marine, membre adjoint

ÉTUDE

DES

PRESSIONS ONDULATOIRES

PRODUITES EN VASE CLOS PAR LES EXPLOSIFS;

PAR

M. VIEILLE,

Ingénieur des poudres et salpêtres.

INTRODUCTION.

Lorsqu'un explosif est uniformément réparti dans une capacité close et que toute la charge se trouve simultanément enflammée, il est évident que la loi de développement des pressions résultant de la combustion est la même en tous les points, les produits de la décomposition demeurant en équilibre au point même de leur production.

On a généralement admis que ces conditions théoriques sont sensiblement réalisées dans toutes les expériences concernant la mesure des pressions maximums développées en vase clos par les explosifs, expériences dans lesquelles les récipients sont ordinairement de petites dimensions.

En fait, dans des éprouvettes de 50 à 150^{mm} de longueur, et de diamètres variables de 22 à 64^{mm}, nous avons toujours observé, pour une même densité de chargement, des pressions identiques, quelle que fût la disposition de la charge à l'intérieur de l'éprouvette et la rapidité de combustion de l'explosif. Ces observations

s'appliquent au coton-poudre pulvérulent, qui brûle en quelques cent-millièmes de seconde, comme aux poudres les plus lentes utilisées dans l'artillerie.

Nous rapprochons, dans le tableau suivant, les résultats de quelques mesures comparatives effectuées dans les récipients les plus différents dont nous nous sommes servi jusqu'à ce jour : une grande éprouvette cylindrique, de volume égal à 302^{cc} (61^{mm} de diamètre et 100^{mm} de hauteur), et une petite éprouvette également cylindrique, de 21^{cc} de capacité (22^{mm} de diamètre et 55^{mm} de hauteur).

TABLEAU I.

NATURE de l'explosif.	DENSITES de chargement	BOMBE DE 302cc.			BOMBE DE 21cc.		
		Nombre des essais.	Numéros des essais.	Pressions.	Nombre des essais.	Numéros des essais.	Pressions.
Poudre BF.....	0,2	4	67 69 74 78	2366 kg	4	68 70 73 79	2311 kg
Poudre B16.....	0,2	1	323	2453	2	318 319	2365
Coton-poudre pulvérulent..	0,1	1	324	1413	1	325	1394
Poudre de mine anguleuse....	0,5	1	326	2229	1	327	2314
	0,6	1	328	3282	1	330	3062

Pour ces expériences, la charge était à peu près uniformément répartie dans la petite bombe maintenue horizontale; dans la grande bombe, dont l'axe était vertical, la charge reposait librement sur le fond. Le coton-poudre pulvérulent et la poudre B16 correspondent aux types de matières explosives les plus vives et les plus lentes, susceptibles d'emploi dans les armes. Les différences observées ne dépassent pas les écarts de déterminations isolées. Une légère supériorité des pressions dans la grande bombe serait d'ailleurs attribuable à une moindre influence des surfaces de refroidissement.

Les anomalies ne commencent à se produire, dans ces conditions d'expérience, que lorsqu'on cherche à provoquer dans le récipient la *détonation* de l'explosif au moyen d'une amorce au fulminate de mercure. En raison des vitesses énormes de propagation de l'onde explosive, la charge se décompose alors sensiblement sous son propre volume, et met en jeu des pressions qui se chiffrent par dizaines de mille atmosphères et ne permettent plus à la pression moyenne de s'établir, à chaque instant, uniformément dans l'éprouvette. On observe alors des écrasements anormaux fournis par les appareils crushers, qui sont très supérieurs à ceux qui résulteraient de la combustion simple de la même charge dans le même récipient.

Mais, si les dimensions de l'éprouvette deviennent considérables, les pressions anormales s'observent même par la combustion simple, principalement si la charge n'est pas uniformément répartie dans le récipient.

Ces phénomènes ont été déjà souvent observés dans l'artillerie. Les tirs destinés à l'épreuve de résistance des projectiles, qui s'effectuent avec des poudres vives, telles que la poudre MC_{30}, ont mis en évidence l'influence du diamètre et de la longueur du sachet de poudre sur la valeur des pressions maximums réalisées, et la répartition uniforme de la charge suivant l'axe de la chambre à poudre a été toujours considérée comme indispensable pour assurer la régularité des pressions et réduire ces pressions au minimum.

Toutefois, dans ces expériences, il est difficile de distinguer la part qui, dans les pressions anormales observées, doit être attribuée à l'inégale répartition des pressions dans l'âme et celle qui résulte de perturbations dans le mode de combustion de l'explosif, la pression maximum observée dans un canon dépendant de cette loi de combustion.

Les recherches récentes entreprises par l'artillerie de la marine, en vue de l'adaptation des poudres B au tir des bouches à feu de gros calibre, ont mis en évidence des anomalies d'un autre ordre, qui conduisent à des conclusions plus nettes au sujet de l'inégale répartition des pressions dans l'âme. Ces anomalies de fonctionnement, observées principalement dans les tirs de poudres très lentes à faible charge, se traduisent par des écrasements

parfois considérables des cylindres des appareils crushers placés au voisinage de la *bouche du canon*.

Comparés à la table de tarage statique des cylindres crushers, ces écrasements conduiraient, dans certains cas, à évaluer à 2400^{kg} les pressions réalisées au voisinage de la bouche du canon. Ces pressions anormales dépassent parfois la valeur des pressions enregistrées par des appareils de même type disposés dans la chambre à poudre.

Or, dans les conditions de chargement de ces expériences, en faisant l'hypothèse la plus favorable à l'accroissement des pressions à la bouche, c'est-à-dire en supposant la charge complètement brûlée dans l'âme et en négligeant le travail effectué par la poudre dans la propulsion du projectile, la pression *moyenne maximum,* qui pourrait se produire à la bouche, atteindrait à peine 600^{kg}, ainsi qu'il résulte des nombreuses déterminations effectuées en vase clos sur la même poudre, avec des appareils manométriques identiques et pour la même densité de chargement correspondant à cette position du projectile : c'est d'ailleurs le chiffre *normal* auquel conduisent les écrasements observés dans un grand nombre de tirs, avec les manomètres placés au voisinage de la bouche.

Les recherches ultérieures, entreprises par les commissions de la marine, ont montré que des phénomènes analogues s'observaient, avec une moindre intensité, dans le tir des poudres brunes, et que, par suite, ces anomalies de fonctionnement ne dépendaient pas uniquement de la composition de la poudre.

La théorie des appareils crushers permettait d'expliquer un accroissement d'écrasement pour des manomètres placés en dehors de la chambre à poudre et démasqués brusquement par le projectile. Cette théorie indique que les écrasements peuvent atteindre jusqu'au double de celui qui répond à la pression statique réalisée au moment où l'appareil est démasqué.

C'est ainsi que les manomètres placés à faible distance, au delà de la ceinture du projectile, accusent toujours des pressions fictives, plus élevées que celles qui sont indiquées par les appareils placés dans la chambre à poudre.

Mais la théorie n'explique pas les écrasements anormaux observés à la bouche, et qui, dans certains cas, dépassent de beaucoup

le double de l'écrasement qui répondrait à la pression statique maximum correspondant à la densité de chargement réalisée au moment du fonctionnement du manomètre placé à la bouche.

On s'explique également difficilement, par ce mode de fonctionnement dynamique du crusher, l'irrégularité des pressions anormales qui disparaissent avec l'accroissement de la charge et ne s'observent même qu'accidentellement dans des conditions de chargement identiques. Aussi est-on conduit à se demander si les écrasements anormaux observés ne correspondent pas à des surpressions véritables provenant d'un régime ondulatoire déterminé dans la masse gazeuse, pressions sans doute de durée très courte, mais que le manomètre à écrasement est susceptible d'enregistrer, grâce à la masse extrêmement faible du piston et du cylindre qui le constituent.

Il résulte, en effet, de la théorie des manomètres à écrasement que, pour des poids de piston compris entre 20 et 40^{gr}, la durée de l'écrasement sous l'action d'une force constante ne dépasse pas $\frac{2}{10000}$ à $\frac{3}{10000}$ de seconde; il suffirait donc qu'une pression d'ondulation s'exerçât brusquement pendant cette durée pour qu'elle fût enregistrée par l'appareil avec l'écrasement double de celui qui correspondrait à une pression statique de même valeur, tandis qu'un piston plus lourd, de 4^{kg} par exemple, ayant une durée de fonctionnement décuple, resterait insensible à cette pression d'ondulation, vraisemblablement suivie de dépressions tombant au-dessous de la pression moyenne normale.

C'est dans cet ordre d'idées que nous nous sommes proposé d'étudier, dans des éprouvettes de longueur beaucoup plus considérable que celle des récipients que nous avions utilisés jusqu'ici, le mode de développement des pressions produites par la combustion d'un explosif, en cherchant à troubler la répartition uniforme de ces pressions par l'emploi de charges dyssymétriques condensées à l'une des extrémités de l'éprouvette.

Ce travail est divisé en 8 chapitres :

Dans le chapitre I, nous décrivons les appareils qui nous ont permis d'étudier l'influence de la dyssymétrie du chargement sur la loi de développement des pressions produites par la combustion des explosifs dans des récipients allongés.

Le chapitre II concerne le fonctionnement des poudres B;

nous étudions comparativement les indications de l'appareil crusher correspondant au chargement uniforme et au chargement dyssymétrique, en faisant varier la vivacité de la poudre et la densité du chargement.

Dans le chapitre III, nous discutons les tracés obtenus à l'aide des poudres B. Ces tracés mettent en évidence le régime ondulatoire des pressions développées dans le cas d'un chargement dyssymétrique.

Dans le chapitre IV, nous contrôlons les conclusions déduites de l'observation des tracés par l'étude des déplacements de l'éprouvette, librement suspendue pendant la combustion de la charge, et nous cherchons à rendre compte des caractères généraux présentés par le mouvement de la masse gazeuse et des particularités observées sur les tracés.

Le chapitre V est consacré à l'extension des résultats acquis, pour les poudres B, aux divers explosifs, tels que le coton-poudre et les poudres noires.

Dans le chapitre VI, nous cherchons à obtenir la valeur absolue des surpressions produites par les condensations alternatives de la masse gazeuse.

Dans le chapitre VII, nous étudions l'influence de la longueur du récipient sur l'intensité des condensations produites par la dyssymétrie du chargement.

Le chapitre VIII est consacré au résumé et aux conclusions.

CHAPITRE PREMIER.

MÉTHODE ET APPAREILS D'OBSERVATION.

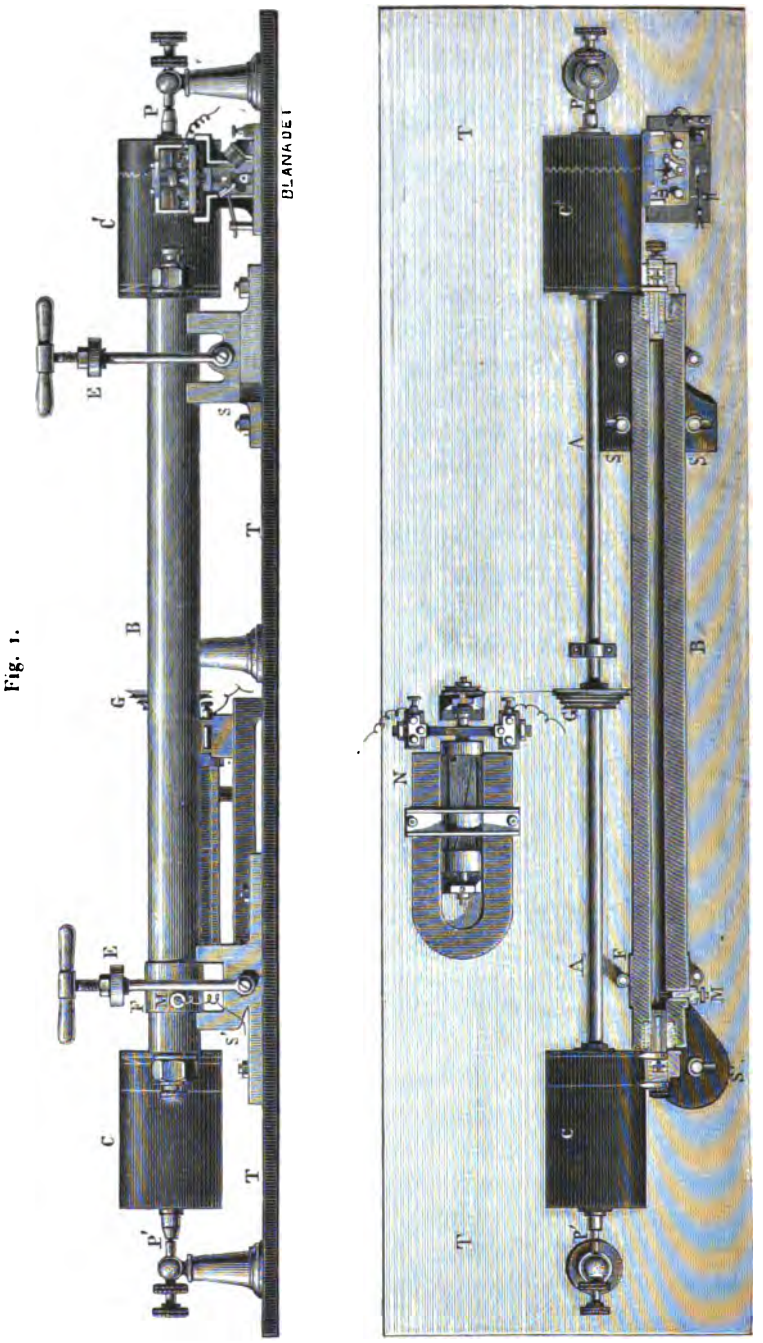
L'appareil dont nous avons fait usage se compose d'un tube en acier de 1^{m} de longueur, de 60^{mm} de diamètre extérieur et 22^{mm} de diamètre intérieur. Cette éprouvette ne diffère que par sa longueur de celles que nous employons journellement dans nos recherches sur les explosifs. Le rapport de la longueur utile de la bombe au diamètre est de $\frac{887^{mm}}{22} = 42$ (ce rapport n'est que de $\frac{55}{22} = 2{,}5$ pour nos éprouvettes normales).

Les deux extrémités de ce tube sont filetées et reçoivent, d'un côté, un bouchon de mise de feu permettant de porter à l'incandescence un fil fin de platine ou de fer, au moyen d'un courant électrique, et, de l'autre côté, un bouchon crusher dont le piston, muni d'une plume en acier, permet d'enregistrer la loi d'écrasement du cylindre de cuivre sur un cylindre tournant. Ces bouchons sont identiques à ceux qui servent à nos expériences courantes; ils reposent sur des anneaux obturateurs en cuivre rouge.

Ces dispositions, déjà décrites et sur lesquelles nous n'insistons pas, sont suffisamment indiquées par la *fig.* 1.

Dans nos essais les plus récents, nous avons muni les deux extrémités de l'éprouvette d'appareils crushers identiques : l'inflammation de la charge était alors assurée par un petit bouchon de mise de feu M disposé latéralement au voisinage de l'une des extrémités.

Fig. 1.



Dans ces conditions, il devenait possible d'enregistrer simultanément la loi des pressions développées aux deux extrémités de l'éprouvette, et de comparer la valeur de ces pressions au même instant.

A cet effet, la bombe B était disposée horizontalement sur deux supports métalliques SS′, munis d'étriers de serrage EE′, devant deux cylindres tournants CC′ de même diamètre, montés sur un même axe très robuste AA′, et sur lesquels traçaient les plumes des pistons écraseurs. Ce système, monté sur pointes, était commandé par un moteur électrique N au moyen d'une corde sans fin et de la poulie à gorge G, fixée exactement au milieu de l'arbre, pour rendre négligeables les déplacements relatifs des cylindres pouvant résulter de la torsion de cet arbre pendant la marche.

L'appareil étant complètement réglé, au moment de mettre en mouvement les cylindres, on produisait un déplacement des pistons parallèle aux génératrices des cylindres; ce mouvement donnait, sur les bandes de papier enfumé, des traits de repère permettant de mettre en coïncidence les points des tracés correspondant rigoureusement au même instant.

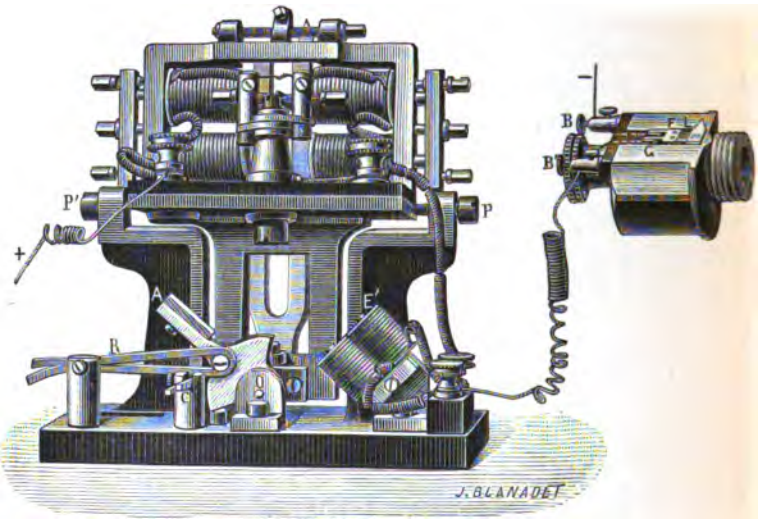
On a rencontré, dans ces expériences, de grandes difficultés à assurer l'immobilité absolue de la bombe pendant l'explosion. Les serrages les plus énergiques entre des mâchoires métalliques se sont montrés insuffisants, et l'on a dû chercher un point d'appui sur l'éprouvette en la munissant, à l'une de ses extrémités, d'une frette F mise à chaud et encastrée de quelques dixièmes de millimètre dans la paroi du tube. Cette frette était emboîtée dans un support en fer S′ très robuste, fixé lui-même par de forts boulons sur la table en fonte TT qui portait tout l'appareil.

Ces dispositions ont permis d'éviter tout déplacement permanent de la bombe, sans supprimer toutefois, dans les cas extrêmes, certaines flexions de tout le système qui ne changent pas le caractère des tracés et qui suffiraient, elles seules, à prouver les actions locales dyssymétriques auxquelles le récipient se trouve soumis.

Il nous reste à signaler quelques perfectionnements récemment apportés au fonctionnement du manomètre-enregistreur et que nous avons utilisés dans ces essais. Ces perfectionnements permettent d'obtenir l'inscription automatique du diapason électrique

qui sert à évaluer la vitesse du cylindre tournant au moment de l'explosion. A cet effet, le piston écraseur porte, fixée sous la plume, une lamette isolante L (*fig.* 2), munie à son extrémité d'un frot-

Fig. 2.



toir métallique F qui ferme le circuit du diapason par un contact avec deux grains de platine reliés aux bornes BB'. Lorsque le piston se déplace en écrasant le cylindre, le frottoir quitte les contacts de platine et le courant servant à l'entretien du mouvement du diapason se trouve rompu au moment même de l'explosion. Cette rupture produit, en même temps, la touche du diapason sur le cylindre enfumé. En effet, le courant passe par un petit électro-aimant EE' qui attire une armature A, en forme de came, mobile, autour de l'axe O et rappelée par un ressort R de caoutchouc. Lorsque le courant cesse, la came s'écarte et produit le double mouvement d'approche et de recul du diapason.

Ce dernier dispositif est emprunté au chronographe de MM. Marcel Deprez et Sebert.

Nous avons reconnu qu'il était inutile d'employer deux courants pour le fonctionnement de cette came et l'entretien électrique du mouvement vibratoire du diapason. Avec un diapason donnant 500 périodes par seconde, le courant passant par les bobines du

diapason peut être utilisé, malgré ses interruptions périodiques, à maintenir au contact de l'électro-aimant E' la came, malgré une tension du ressort antagoniste suffisante pour assurer le déclenchement lorsqu'une rupture permanente du circuit est produite par le déplacement du piston écraseur. A ce moment, le diapason cesse, il est vrai, d'être entretenu ; mais le fonctionnement est assez rapide pour que l'amplitude des oscillations n'éprouve pas de variation sensible pendant l'inscription sur le cylindre. Quant au retard de l'inscription du diapason par rapport à l'inscription du piston écraseur, il ne dépasse pas quelques centièmes de seconde, et nous nous sommes assuré que le mouvement du cylindre tournant restait rigoureusement uniforme, dans les conditions de nos expériences, pendant des durées dix fois plus grandes : il n'y a donc pas lieu de rechercher un synchronisme plus rigoureux.

Modes de chargement de l'éprouvette de 1^{m}. — Plusieurs modes de chargement ont été utilisés dans les essais. Dans certaines expériences, on a cherché à réaliser une répartition aussi uniforme que possible de la charge. A cet effet, l'éprouvette était disposée horizontalement et la charge introduite par portions égales et également espacées sur la longueur de l'éprouvette. On égalisait ensuite cette charge au moyen d'une sorte de râteau et l'on achevait la régularisation en faisant tourner lentement l'éprouvette autour de son axe, maintenu horizontalement.

Dans d'autres expériences, la charge était entièrement réunie à l'une des extrémités de la bombe, sous le volume correspondant à la densité gravimétrique de la poudre. Cette charge était maintenue ainsi, réunie sur l'un des fonds, au moyen d'un petit chapeau de papier entrant à frottement doux dans l'éprouvette. Ce chapeau était criblé de trous de diamètre légèrement inférieur à celui des grains de la poudre. La résistance de ce chapeau à l'expansion des gaz pouvait donc être regardée comme négligeable.

Enfin, dans quelques essais, la charge a été divisée en deux parties égales, maintenues, à chaque extrémité de l'éprouvette, par le même dispositif.

CHAPITRE II.

ÉTUDE DES POUDRES B.

Nos expériences les plus complètes ont porté sur les poudres B. Nous avons cherché comment la vivacité de la poudre et les conditions du chargement influaient sur les indications fournies par l'appareil crusher. Nous avons expérimenté 3 types de poudre, désignés sous les noms de BF, BSP et B_{16}. Ces poudres présentent la même composition et ne diffèrent que par leur rapidité de combustion. La poudre BF est destinée aux armes de petit calibre (fusil de 8^{mm}). La poudre BSP est utilisée dans les canons de siège et de place, où elle se substitue à la poudre noire SP_2. Enfin, la poudre B_{16} est une des poudres les plus lentes utilisées dans l'artillerie.

I. — Poudres BF.

Expériences à faible densité de chargement. — Les expériences dont les résultats sont contenus dans le tableau II sont relatives à des essais effectués à des densités de chargement inférieures à 0,1. On a rapproché les indications fournies par les appareils crushers dans les éprouvettes normales de petites dimensions de celles qui ont été obtenues dans la grande bombe de 1^{m}, soit lorsque la charge était répartie uniformément sur toute la longueur de l'éprouvette, soit lorsque cette charge était condensée à l'une des extrémités ou, par moitié, à chaque extrémité. Ces diverses dispositions de la charge sont indiquées dans la dernière colonne du tableau.

TABLEAU II.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre restante.	PRESSION de tarage statique.	SECTION du piston.	NATURE de l'éprouvette et disposition de la charge.
			mm	mm	kg	cq	
	180	0,05	4,90	2,77	494	1	Bombe normale de 21cc.
	182	0,05	4,90	3,04	432	1	Bombe de 15cm, charge uniformément répartie.
	175	0,05	4,90	3,43	356	1	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
	178	0,05	4,90	3,02	437	1	
	179	0,075	4,90	2,44	778	0,75	Bombe normale de 21cc.
Poudre BF. 2e lot. Saint-Médard 1890.	177	0,075	4,90	2,64	702	0,75	Bombe de 1m, charge régulièrement répartie. Piston sans jeu.
	174	0,075	4,90	2,48	767	0,75	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
	176	0,075	4,90	2,83	640	0,75	
			Enregistrement simultané.				
	258	0,075	4,90	2,67	692	0,75	
				2,57	728	0,75	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
	259	0,075	4,90	2,79	653	0,75	
				2,73	672	0,75	
	261	0,075	13,00	12,65	692	0,75	
				12,59	764	0,75	

Pour les densités de chargement très faibles réalisées dans ces essais, les pressions maximums observées dans le cas du chargement dyssymétrique ne s'écartent pas sensiblement des pressions obtenues, soit dans l'éprouvette normale et peu allongée de 21cc, soit dans la bombe de 1m, la charge étant uniformément répartie.

Il ne s'ensuit pas, toutefois, que le mode d'application des pressions soit le même dans le cas du chargement dyssymétrique et

du chargement uniforme. C'est ce que montre clairement l'examen des tracés de la loi d'écrasement des cylindres.

A la densité 0,05, les tracés relatifs au chargement dyssymétrique ne diffèrent du tracé normal que par quelques ondulations légères, qui pourraient échapper à un observateur non prévenu; mais, à la densité de 0,075, le tracé (exp. 174-176) affecte la forme de marches d'escalier, au nombre de 3 ou 4, accusant le caractère ondulatoire des pressions appliquées au manomètre.

Les expériences 258-259-261, pour lesquelles on a effectué l'enregistrement simultané des pressions aux deux extrémités de l'éprouvette, conduisent aux mêmes conclusions. Elles montrent que les à-coups de pression se produisent alternativement à chaque extrémité, en vertu d'une sorte de balancement des condensations gazeuses, suivant l'axe de l'éprouvette.

Les tracés représentés (*fig.* 3) suffisent à donner cette première notion du phénomène, que nous discuterons plus loin en détail; nous allons le voir d'abord s'accentuer aux densités de chargement plus élevées, en altérant de plus en plus la valeur normale de l'écrasement.

Expériences aux densités de chargement 0,1 *et* 0,2. — A la densité 0,1, la charge réunie à l'une des extrémités occupait $\frac{1}{7}$ environ de la longueur de la bombe, et la distance entre sa tranche extrême et l'autre extrémité de l'éprouvette était de $0^m,75$.

A la densité 0,2, la charge occupait environ le $\frac{1}{3}$ de la longueur de la bombe, et les gaz devaient parcourir $0^m,62$ pour atteindre le fond le plus éloigné de la charge.

On a rapproché, dans le tableau III, les résultats des expériences comparatives effectuées dans la bombe normale et dans la bombe de 1^m, avec des chargements uniformes ou dyssymétriques.

TABLEAU III.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre restante.	PRESSION de tarage statique.	SECTION du piston.	NATURE de l'éprouvette et disposition de la charge.
			mm	mm	kg	cq	
Poudre BF. 2e lot. Saint-Médard 1890.	94	0,1	13	11,34	1123	1,33	Bombe normale de 21cc, 8, charge placée sans précaution spéciale.
	96	0,1	13	11,56	1016	1,33	
	88	0,1	13	12,02	1022	1	Bombe de 1m, longueur entre bouchons 887mm, charge régulièrement répartie sur toute la longueur.
	89	0,1	13	11,58	1340	1	
	101	0,1	13	11,36	1113	1,33	
	91	0,1	13	9,79	1733	1,33	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
	92	0,1	13	9,93	1683	1,33	
	93	0,1	13	10,60	1434	1,33	
	95	0,1	13	10,33	1537	1,33	Bombe de 1m, charge divisée en deux parties égales, condensées sur les deux bouchons.
	97	0,1	13	9,75	1747	1,33	
	99	0,1	13	9,94	1679	1,33	Bombe de 1m, charge condensée en totalité sur le bouchon crusher
	102	0,2	13	9,52	2435	1	Bombe de 1m, charge régulièrement répartie sur toute la longueur.
	103	0,2	13	4,00 à 4,06	7500	1	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
				Enregistrement simultané.			
	262	0,1	13	11,65	1724	0,75	Bombe de 1m, munie de bouchons crushers aux deux extrémités, charge condensée sur l'un des bouchons.
				11,60	1787	0,75	
	263	0,1	13	11,61	1760	0,75	
				11,58	1860	0,75	

L'examen des résultats contenus dans le tableau III montre que, même dans une éprouvette de grande longueur, la répartition uniforme de la charge donne lieu, jusqu'à la densité 0,2, au fonctionnement normal de l'appareil crusher observé dans les petits récipients.

Au contraire, la dyssymétrie du chargement et sa condensation, en totalité ou par parties égales, aux deux extrémités de l'éprouvette, a donné lieu à des actions très énergiques, se traduisant par un accroissement de l'écrasement du cylindre crusher, atteignant jusqu'au double de la valeur normale pour la densité de chargement 0,1, et jusqu'au triple de l'écrasement normal à la densité de chargement 0,2.

Ces actions anormales sur l'appareil crusher, se sont produites avec la même intensité, soit que la charge fût réunie au contact de cet appareil, soit qu'elle fût condensée à l'extrémité opposée; il en résulte que les écrasements anormaux ne peuvent être attribués à une surélévation locale des pressions au contact de la charge, mais qu'ils résultent de condensations dues aux masses gazeuses mises en mouvement.

Dans les dernières expériences **262-263**, pour lesquelles on a effectué l'enregistrement simultané des pressions aux deux extrémités, on constate également que les écrasements anormaux réalisés sont identiques pour l'extrémité voisine de la charge et pour l'extrémité opposée.

Les effets locaux obtenus dans l'expérience **103**, à la densité 0,2 de poudre BF dans la bombe de 1^{m}, ont présenté une intensité remarquable. La pression normale correspondant à cette densité de chargement ne dépasse pas 2400^{kg} et l'expérience **102** montre qu'il est facile de réaliser, dans cette bombe allongée, cette pression normale, à la condition de répartir uniformément la charge.

Mais, en condensant la charge à l'extrémité opposée à l'appareil crusher, l'écrasement est passé de 3^{mm} ou $3^{mm},50$ à $9^{mm},0$; le cylindre a été réduit à l'état de véritable disque et son écrasement s'est trouvé gêné par l'épaisseur de la bague de caoutchouc servant à le centrer. Cet écrasement sort des limites de la table de tarage que fournit la balance de Jœssel; la pression a été évaluée par défaut, en extrapolant la table de tarage, à plus de 7500^{kg}. Le piston a été faussé et le canal dans lequel il se meut sensiblement

élargi. Du côté du bouchon de mise de feu, le cône en acier s'est étiré dans le canal qu'il obturait et il a été chassé, sous forme d'une tige cylindrique à parois luisantes et polies, en donnant lieu à une forte détonation. L'éprouvette elle-même n'a subi ni gonflement, ni dégradation; les bouchons se sont dévissés aisément et ne présentent aucun matage. Les obturateurs de cuivre sur lesquels ces bouchons reposent ont subi un léger écoulement, qui a fait disparaître leur chanfrein et a produit une bavure de quelques dixièmes de millimètre de hauteur.

L'examen sommaire des tracés de la loi d'écrasement des crushers, obtenus dans cette dernière série d'expériences, accuse, à la densité 0,1, les à-coups successifs de pression déjà mis en évidence aux densités de chargement plus faibles par les tracés à paliers successifs. Toutefois, le tracé de l'expérience 103 montre que l'écrasement de 9^{mm}, subi par le cylindre, résulte d'un coup de bélier unique, effectué en quelques dix-millièmes de seconde.

Dans les expériences 262 et 263, les tracés obtenus simultanément à chaque extrémité sont à deux paliers et présentent le même aspect; mais on voit immédiatement que les à-coups de pression ne se produisent pas simultanément aux deux extrémités de l'éprouvette, mais s'intercalent régulièrement, le premier à-coup étant appliqué à l'extrémité de l'éprouvette opposée à la charge.

Nous remarquons enfin que les écrasements obtenus à la densité de chargement 0,1, dans le cas du chargement dyssymétrique, ne dépassent pas sensiblement le double de l'écrasement normal et pourraient, par suite, être attribués à l'application brusque à l'appareil crusher de la pression normale, si les tracés ne montraient pas une loi d'écrasement toute différente. D'ailleurs, à la densité de chargement 0,2, l'écrasement observé est de beaucoup supérieur à celui qui correspondrait à l'action d'une force constante égale à la pression normale de 2400^{kg}. On doit donc en conclure que les indications des crushers correspondent à des surpressions véritables, s'exerçant pendant des durées dépassant les trois dix-millièmes de seconde nécessaires au fonctionnement de l'appareil crusher de type normal.

Il serait du reste impossible de comprendre que la pression maximum moyenne fût appliquée brusquement au manomètre sans un mode de répartition des pressions, entraînant forcément une

surélévation de la pression sur certains points et une diminution sur d'autres.

II. — Poudre BSP.

Il ne nous a pas paru possible, en raison des effets destructeurs des appareils observés à la densité 0,2 avec les poudres BF, de poursuivre les essais sur cette poudre à des densités de chargement plus fortes.

Nous avons mis en étude une poudre de même type plus lente, la poudre BSP, comparable, au point de vue de la lenteur, à la poudre noire SP_2 utilisée dans les canons de siège et de place.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau IV.

TABLEAU IV.

NATURE de l'explosif.	NUMERO de l'expérience 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre restante.	PRESSION de tarage statique.	SECTION du piston.	NATURE de l'éprouvette et disposition de la charge.
			mm	mm	kg	cq	
Poudre BSP. 1er lot. Sevran 1890.	19	0,1	13	11,51	1041	1.33	Bombe normale de 21cc.
	139	0,1	13	11,90	1114	1,33	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
	170	0,1	13	11,55	1021	1,33	
	172	0,15	13	10,28	2074	1,00	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
	173	0.15	13	10,84	1785	1,00	
	1080	0,2	13	10,32	2054	1,00	Bombe normale de 21cc.
	171	0,2	13	6,11	4680	1,00	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
				Enregistrement simultané.			
	267	0,2	13	8,94	3608	0,75	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
				9,16	3469	0,75	

Les expériences relatives à la poudre BSP donnent lieu à des observations identiques à celles que nous avons présentées au sujet des expériences relatives à la poudre BF; mais on remarque que, tandis qu'avec la poudre BF les écrasements anormaux atteignent jusqu'au double de l'écrasement normal dès la densité 0,1, les anomalies d'écrasement ne se présentent, avec la poudre plus lente BSP, ni à la densité 0,1 ni même à la densité 0,15, bien que les tracés témoignent déjà des à-coups successifs de pression.

Ce n'est qu'à la densité 0,2 que nous retrouvons les écrasements excessifs, bien qu'atténués, observés pour la même densité de chargement avec la poudre BF.

L'expérience **267**, effectuée avec enregistrement simultané aux deux extrémités de l'éprouvette, montre la similitude du mode d'action des pressions aux points les plus voisins de la charge et aux points les plus éloignés.

III. — Poudre B^{16}.

Nous avons cherché, par l'emploi d'une poudre toujours de même type, mais beaucoup plus lente, à reculer la valeur de la densité de chargement à partir de laquelle les écrasements anormaux commencent à se produire. La poudre B^{16}, destinée aux armes à grande puissance des nouveaux types de canons de la marine, est 5 à 6 fois plus lente que la poudre BF.

Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau V.

TABLEAU V.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre restante.	PRESSION de tarage statique.	SECTION du piston.	NATURE de l'éprouvette et disposition de la charge.
			mm	mm	kg	cq	
Poudre B^{16}.	268	0,2	13	11,26	2061	0,75	Bombe de 1m, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
				11,38	1862	0,75	
	272	0,25	13	10,29	2758	0,75	
				10,28	2765	0,75	

Les pressions observées ne diffèrent pas de celles que la poudre B[16] fournit dans la bombe normale aux mêmes densités de chargement. L'emploi d'une poudre lente a donc permis de réaliser, sans faire apparaître les écrasements normaux, une densité de chargement triple de celle qui, pour la poudre BF, constituait la limite à partir de laquelle la mesure des pressions moyennes se trouvait faussée.

Quant aux tracés, ils résultent d'une série de petits écrasements brusques séparés par des paliers presque rectilignes, ainsi que le montre la reproduction des tracés relatifs à l'expérience 272 (*fig.* 4).

En résumé, l'ensemble des expériences relatives à 3 types de poudre B, de vivacité différente, montre que, dans les récipients de grande dimension, le développement régulier des pressions et la valeur normale de la pression maximum ne peuvent être obtenus que par une répartition uniforme de la charge suivant l'axe de l'éprouvette.

Lorsque cette condition n'est pas remplie, les perturbations sont manifestées tout d'abord aux plus faibles densités de chargement par les tracés d'écrasement, qui montrent que le développement des pressions se fait par à-coups sans que la valeur finale de la pression maximum se trouve altérée.

Pour des densités de chargement plus grandes et d'autant plus élevées que la poudre est plus lente, ces phénomènes s'accentuent et donnent lieu à des écrasements anormaux qui ont atteint, dans nos expériences, jusqu'au triple de la valeur normale. La théorie des appareils crushers ne permet pas d'expliquer ces écrasements par l'application brusque d'une pression égale à la pression normale maximum. Ces écrasements sont l'indice de surpressions véritables, dues aux condensations qui résultent de l'arrêt, par les parois de l'éprouvette, des masses gazeuses mises en mouvement.

Nous allons chercher à élucider ces premières notions par la discussion des tracés dont nous n'avons fait connaître jusqu'ici les propriétés que d'une façon sommaire.

CHAPITRE III.

DISCUSSION DES TRACÉS.

Les tracés obtenus dans les expériences concernant les types de poudres B mentionnées plus haut peuvent se ramener à 3 types principaux, qui s'éloignent graduellement du type de tracé normal, représenté ci-après par une courbe continue et sans ondulation (*fig.* 3).

Premier type : tracé ondulé avec écrasement normal. — Ce type s'observe dans les expériences à faible densité de chargement pour les poudres vives (type BF, densités de 0,05 à 0,075).

On l'observe également jusqu'à des densités plus fortes, telles que 0,15, pour les poudres de vivacité moyenne, telles que la poudre BSP, et enfin jusqu'aux densités les plus fortes que nous ayons réalisées, 0,25, pour les poudres très lentes du type $\mathring{B}^{16}$.

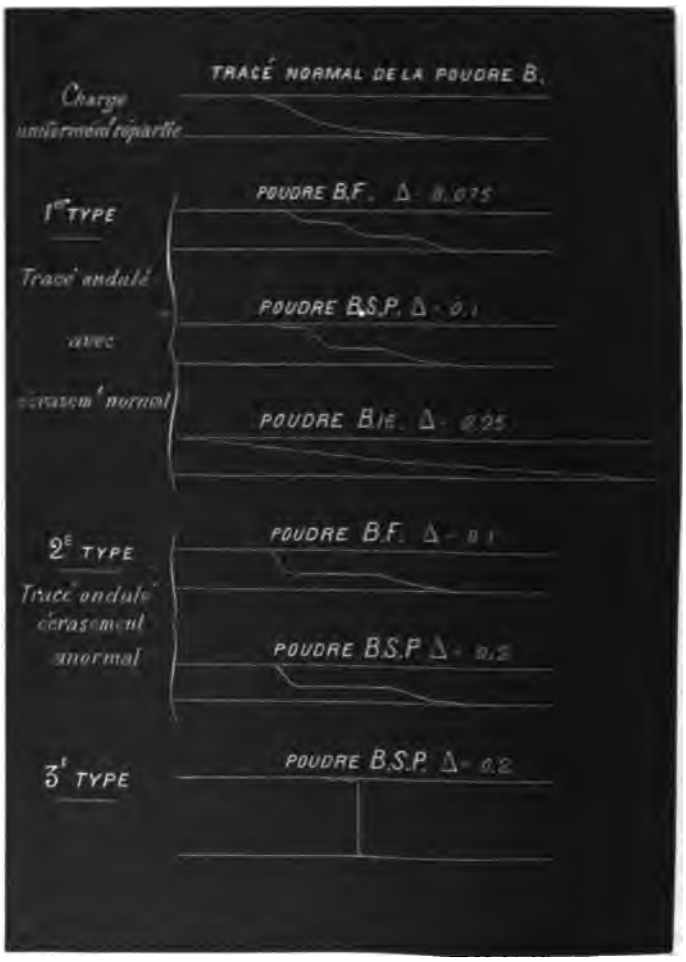
Dans tous ces tracés, la courbe normale est remplacée par une série d'ondulations ou de paliers dont le nombre croît avec la lenteur de la poudre et, par suite, avec la durée de sa combustion.

Deuxième type : tracé ondulé avec écrasement anormal. — Ce type ne diffère du précédent que par la brusquerie des ressauts successifs, surtout à la fin de la combustion.

Les premiers ressauts présentent, en général, des courbures adoucies, caractéristiques d'un développement de pressions assez lent pour que l'écrasement du cylindre crusher ait le temps de suivre la pression dans son développement en lui faisant constamment équilibre. Les derniers ressauts s'effectuent au contraire, pour la plupart des tracés, en quelques dix-millièmes de seconde, comme sous l'action d'une pression brusquement appliquée. On observe ce type de tracé dès que les écrasements cessent d'être normaux, c'est-à-dire à partir de la densité 0,1 pour la poudre BF, et 0,2 pour la poudre BSP.

Troisième type : tracé ne présentant ni ondulation, ni ressaut. Écrasement anormal. — Ce tracé correspond aux effets les plus violents que nous ayons observés. Le piston crusher paraît recevoir, dès l'origine de son mouvement, un à-coup de pres-

Fig. 3.



sion tel, que l'écrasement qui en résulte ne peut plus être accru par l'action des pressions ultérieures. Nous avons observé ce type de tracé, concurremment avec le type précédent, aux densités 0,1

pour la poudre BF et 0,2 pour la poudre BSP; c'est à ce dernier type de tracé que répond l'écrasement considérable 9^{mm}, obtenu avec la poudre BF à la densité 0,2.

I. — Tracés du premier type.

Poudres lentes. — Les tracés du premier type, relatifs à la poudre lente B^{16}, méritent une étude particulière, en raison de la multiplicité des à-coups de pression qu'ils mettent en évidence et de la périodicité qu'ils accusent dans la loi d'application des pressions.

La *fig.* 4 est la reproduction photographique en vraie grandeur de deux tracés obtenus simultanément aux deux extrémités de

Fig. 4.

l'éprouvette dans l'expérience 272, répondant à la combustion de la poudre B^{16} à la densité 0,25. On a placé les tracés de façon

à mettre en regard les points qui ont été inscrits au même instant. L'échelle des temps est donnée par l'ondulation de la sinusoïde du diapason, qui vaut environ $\frac{2}{1000}$ de seconde ($0^s,001982$).

Nous donnons, dans les tableaux suivants, les résultats des lectures de ces tracés et ceux des tracés analogues obtenus à la densité 0,2 dans l'expérience **268**.

On a déterminé les abscisses et les ordonnées des ressauts successifs. Les abscisses mesurent les temps écoulés depuis une origine commune fournie, pour chaque couple de tracés, par les repères 1,1 inscrits sur les cylindres tournants, au repos, par les plumes des pistons immédiatement avant l'expérience, ainsi que nous l'avons précédemment indiqué. Les ordonnées représentent la valeur de l'écrasement du cylindre de cuivre correspondant à chacun des paliers.

TABLEAU VI.

Tracé 268. Poudre B[14], densité de chargement 0,2.

Période du diapason = $0^s,001982$. Longueur de l'ondulation = $8^{mm},74$.

TRACÉ DU COTÉ DE LA MISE DE FEU.				TRACÉ DU COTÉ OPPOSÉ A LA MISE DE FEU.			
Abscisses des ressauts.	Différences.	Ordonnées des ressauts.	Pressions.	Abscisses des ressauts.	Différences.	Ordonnées des ressauts.	Pressions.
mm		mm	kg	mm		mm	kg
— 40,11				— 36,68			
	7,16				7,54		
— 32,95				— 29,14			
	5,57				7,70		
— 27,38				— 21,44			
	6,59				6,05		
— 20,79				— 15,39			
	7,89				6,37		
— 12,90		0,34	680	— 9,12		,34	680
	6,87				7,26		
— 6,03		0,43	788	— 1,86		,46	824
	7,08				6,85		
Repère. 0,00				Repère. 0,00			
		0,56	933			,61	985
+ 1,05	7,00			+ 5,99	6,81		
		0,67	1041			,75	1128
+ 8,05	6,70			+ 11,80	6,84		
		0,82	1200			,93	1311
+ 14,75	7,20			+ 18,64	6,63		
		0,98	1363			,12	1503
+ 21,95	6,08			+ 25,07	6,49		
		1,15	1535			,33	1705
+ 28,03	6,48			+ 31,76	6,81		
		1,31	1687			,50	1859
+ 34,51	6,93			+ 38,57	7,54		
+ 41,44				+ 45,11			
Moyenne des 13 différences...	6,80			Moyenne des 13 différences...	6,90		

On voit que les à-coups successifs de pressions se produisent à des intervalles sensiblement égaux : les écarts observés sont de l'ordre des erreurs que comportent les pointés, surtout au début de la combustion, qui ne donne pas des à-coups aussi brusques que ceux qui se produisent sous les pressions les plus élevées.

La période moyenne des à-coups aux deux extrémités de l'éprouvette est la même, $6^{mm},80$ et $6^{mm},90$. On voit, de plus, que chaque à-coup de pression à l'une des extrémités s'intercale entre deux à-coups à l'autre extrémité. La différence des abscisses de deux à-coups de même rang, aux deux extrémités, est de $3^{mm},90$ en moyenne, c'est-à-dire voisine de la moitié de la période des à-coups successifs à une même extrémité. Cette période, d'après la vitesse du cylindre évaluée par la touche de diapason, est de $0^{s},001553$. Elle correspondrait à une vitesse de propagation d'une condensation gazeuse oscillant, entre les fonds de l'éprouvette, de 1142^{m} par seconde, la bombe ayant 887^{mm} de longueur et la condensation gazeuse ayant dû parcourir le double de cette longueur.

L'examen des valeurs des écrasements répondant aux paliers successifs montre que les pressions s'accroissent par des variations rapides, de 150^{kg} à 200^{kg}, qui se trouvent alternativement appliquées à chaque extrémité de l'éprouvette.

Il nous paraît utile d'insister sur ce mode spécial de développement des pressions, entraîné par la dyssymétrie du chargement, en examinant encore, dans ses détails, les tracés d'une deuxième expérience effectuée avec la même poudre à la densité de chargement plus élevée $\Delta = 0,25$.

TABLEAU VII.

Tracé 272. Poudre B[14]. Densité de chargement 0,25.

Période du diapason = o[m],001982. Longueur de l'ondulation = 2[mm],64.

TRACÉ DU COTÉ DE LA MISE DE FEU.				TRACÉ DU COTÉ OPPOSÉ A LA MISE DE FEU.			
Abscisses des ressauts.	Différences.	Ordonnées des ressauts.	Pressions.	Abscisses des ressauts.	Différences.	Ordonnées des ressauts.	Pression
mm		mm	kg	mm		mm	kg
— 6,73		0,00				0,00	
	2,20						
— 4,53		0,06	244	— 5,68		0,10	3[illegible]
	2,22				2,17		
— 2,31		0,15	416	— 3,51		0,17	4[illegible]
	2,14				2,17		
— 0,17		0,25	560	— 1,34		0,26	5[illegible]
Repère. 0,00	2,06			Repère. 0,00	2,07		
+ 1,89		0,42	776	+ 0,73		0,41	7[illegible]
	2,14				2,21		
+ 4,03		0,62	995	+ 2,94		0,59	9[illegible]
	1,99				2,08		
+ 6,02		0,87	1252	+ 5,02		0,78	11[illegible]
	1,80				1,97		
+ 7,82		1,09	1475	+ 6,99		1,01	13[illegible]
	1,88				1,85		
+ 9,70		1,32	1696	+ 8,84		1,20	15[illegible]
	1,85				1,86		
+ 11,55		1,61	1953	+ 10,70		1,49	18[illegible]
	1,87				1,71		
+ 13,42		1,91	2195	+ 12,41		1,74	20[illegible]
	1,82				1,83		
+ 15,24		2,25	2445	+ 14,24		2,06	23[illegible]
	1,83				1,89		
+ 17,07		2,56	2665	+ 16,13		2,44	25[illegible]
Moyenne des 5 premiers intervalles.....	2,15			Moyenne des 5 premiers intervalles.....	2,14		
Moyenne des 7 derniers intervalles.....	1,86			Moyenne des 6 derniers intervalles.....	1,85		
Moyenne des 12 intervalles..	1,98			Moyenne des 11 intervalles..	1,98		

Les à-coups de pression sont encore périodiques : la période est la même pour les deux extrémités de l'éprouvette ; elle paraît décroître légèrement, du début à la fin de la combustion, en même temps que l'amplitude des écrasements augmente.

Les à-coups de pression, à l'une des extrémités, s'intercalent entre deux à-coups successifs à l'autre extrémité. La différence des abscisses de deux à-coups de même rang aux deux extrémités est de o[mm],93 pour les 7 derniers couples. Cette différence est exac-

tement la moitié de la période $1^{mm},86$ des à-coups successifs sur un même fond de l'éprouvette. Les périodes $2^{mm},15$ et $1^{mm},86$, du début et de la fin de la combustion, correspondent à des durées de $0^{s},001614$ et $0^{s},001396$, d'après la vitesse de rotation du cylindre déduite de la touche de diapason. Elles donnent, pour la vitesse de transmission d'une condensation gazeuse se propageant de l'un à l'autre fond de l'éprouvette, 1099^{m} pour la première période de combustion et 1270^{m} pour la dernière.

La valeur moyenne est sensiblement identique à celle que nous a donnée l'expérience **268**.

Vitesses théoriques de propagation. — Ces nombres sont voisins des valeurs théoriques de la vitesse de propagation d'un ébranlement infiniment petit, dans le même milieu à la température de la réaction.

Cette vitesse est donnée par l'expression $V=\sqrt{\frac{\gamma E}{\rho}}$, dans laquelle γ désigne le rapport des chaleurs spécifiques du milieu à pression constante et à volume constant, ρ sa densité et E son élasticité à température constante, c'est-à-dire la limite du rapport de l'accroissement de pression à l'accroissement relatif de volume. Dans le cas des explosifs, en général, cette élasticité peut être déduite de la relation qui lie les pressions p développées en vases clos aux densités de chargement Δ. Cette relation est de la forme $p=\frac{f\Delta}{1-\alpha\Delta}$, où f et α sont des constantes déterminées par les valeurs expérimentales obtenues pour les pressions.

On tire de cette relation

$$E=\Delta\frac{dp}{d\Delta}=p\left(1+\frac{\alpha\Delta}{1-\alpha\Delta}\right)=p\left(1+\frac{p\alpha}{f}\right),$$

qui diffère de la valeur connue, relative aux gaz parfaits, $E=p$, par un terme additif qui fait croître rapidement l'élasticité avec la densité de chargement. C'est l'influence du covolume des gaz.

Pour les poudres B, on a $\alpha=1$, $f=9565$, et l'on déduit les valeurs théoriques suivantes des vitesses de propagation que nous

rapprochons des vitesses expérimentales obtenues sensiblement pour les mêmes densités de chargement :

		Vitesses		
Δ.	p.	théorique.	expérimentale.	
	kg	m	m	
0,05	503	1206	1099	(1re période de combustion).
0,10	1060	1271	1185	(Moyenne).
0,15	1688	1364	1270	(2e période de combustion).

Les nombres expérimentaux présentent l'accroissement, avec la densité de chargement, que la variation d'élasticité du milieu permettait de prévoir, mais ils sont inférieurs de 8 à 9 pour 100 aux valeurs théoriques. Il convient d'ailleurs de tenir compte, dans cette comparaison, de l'importance des condensations gazeuses réalisées dans ces essais, qui ne sauraient être assimilées en rigueur à un ébranlement infiniment petit, et de l'influence des frottements dans un tube de petit diamètre.

Nous retrouverons des coïncidences de même ordre, portant sur des nombres très différents, obtenus par l'emploi d'autres explosifs.

Poudres vives. — Les tracés fournis par la combustion de poudres plus vives que la poudre B16 présentent les mêmes caractères, mais le nombre des paliers est plus faible et l'évaluation de la période des à-coups présente plus d'incertitude que dans le cas des poudres lentes ; les paliers successifs de ces tracés se raccordent en général les uns aux autres par des courbes allongées sur lesquelles il est difficile de saisir, avec précision, les points correspondants. Néanmoins, toutes les valeurs des périodes déduites de ces courbes ondulées conduisent à des durées de même ordre que celles que nous avons trouvées pour la poudre B16 ; elles correspondraient à des vitesses de propagation de 1000m environ par seconde, pour une condensation gazeuse oscillant suivant l'axe de l'éprouvette.

Le tableau suivant renferme les résultats des mesures opérées sur divers tracés ; en raison des causes d'erreur signalées, ces résultats suffisent à montrer que le mode spécial de répartition des

pressions, observé pour les poudres lentes, subsiste également avec les poudres vives.

TABLEAU VIII.

NATURE DE LA POUDRE.	NUMÉROS des tracés.	DENSITÉ de chargement.	NOMBRE des paliers.	PÉRIODE des à-coups.	VITESSE de propagation correspondante.
				s	m
Poudre BF	174	0,075	2	0,001970	900
	176	0,075	3	0,001860	954
	258	0,075	3	0,001586	1118
Poudre BSP	173	0,10	3	0,001966	902
	172	0,15	3	0,001779	998

II. — TRACÉS DU SECOND TYPE.

Les tracés du deuxième type, présentant un écrasement anormal, paraissent devoir se prêter à des mesures plus exactes de la période d'oscillation en raison de la brusquerie des à-coups de pressions, principalement à la fin de la combustion, mais nous rencontrons encore ici, bien qu'à un degré moindre, la cause d'erreur signalée plus haut : lorsque le tracé ne présente que deux à-coups de pression, le premier est en général d'allure beaucoup plus douce que le deuxième; il y a, dans l'intervalle de temps qui sépare ces deux à-coups, déformation de la surface de l'onde qui propage la condensation gazeuse dont le front se raidit de plus en plus. Il en résulte que les points correspondants, dans les deux phases d'accroissement des pressions que l'on considère, sont mal définis. C'est une cause d'erreur de même ordre que celle qui fausse les vitesses de propagation du son dans les tuyaux, observées par la méthode de Regnault, tant que la surface de l'onde subit des déformations importantes; les expériences récentes de M. Violle ont bien mis en évidence cette cause d'erreur.

Au contraire, dans les tracés présentant trois ressauts successifs, les deux derniers sont en général assez brusques pour que la durée de l'accroissement de la pression soit très faible par rapport à l'intervalle qui les sépare : dans ce cas, l'erreur sur la correspondance des points à comparer devient peu importante.

Il en est de même pour les expériences dans lesquelles l'enregistrement simultané a été obtenu : deux à-coups de même rang ne sont alors séparés que par l'intervalle correspondant au cheminement de la condensation gazeuse sur une seule longueur d'éprouvette. L'altération de la surface de l'onde est plus faible, et il est possible d'utiliser les expériences dans lesquelles l'à-coup de pression finale seul présente la brusquerie favorable à la précision des pointés.

Le tableau suivant donne quelques nombres déduits de lectures effectuées suivant cette méthode. Ces nombres présentent une concordance plus grande que ceux qui sont déduits des tracés du premier type, relatifs aux mêmes explosifs.

TABLEAU IX.

NATURE de la poudre.	NUMÉRO de l'expérience.	DENSITÉ de chargement.	NOMBRE des paliers.	PÉRIODE des à-coups.	VITESSE de propagation.	OBSERVATIONS.
				s	m	
Poudre BF	99	0,1	3	0,001778	1000	Période de double parcours.
	Enregistrement simultané.					
	262	0,15	2	0,000770	1156	
	263	0,15	2	0,000830	1063	Période de simple parcours.
Poudre BSP	267	0,2	2	0,000710	1229	

Éprouvette de longueur réduite. — Nous avons cherché à contrôler les résultats qui précèdent, en répétant les expériences dans une éprouvette de longueur moitié moindre. Cette réduction a été obtenue dans l'éprouvette de 1^m, au moyen d'une colonne compacte de mastic remplissant la moitié de la capacité intérieure.

Les tracés ont présenté les à-coups de pression déjà signalés; mais la période de ces à-coups s'est trouvée réduite à moitié, conformément à l'hypothèse d'une vitesse de propagation sensiblement uniforme de la condensation gazeuse.

TABLEAU X.

NATURE de la poudre.	NUMÉRO du tracé.	DENSITÉ de chargement.	NOMBRE des paliers.	PÉRIODE des à-coups.	VITESSE de propagation.	OBSERVATIONS.
				s	m	
Poudre BF	276	0,1	2	0,000840	1056	Période de double parcours.
	277	0,1	3	0,000850	1048	

En résumé, l'ensemble des faits que nous venons de passer en revue établit que la combustion d'une charge explosive placée à l'extrémité d'une éprouvette de grande longueur donne lieu à des condensations gazeuses pouvant atteindre des valeurs considérables, et qui se reproduisent périodiquement, à chaque extrémité, à des intervalles de temps proportionnels à la longueur de l'éprouvette.

Mais la discussion des tracés ne nous renseigne pas sur l'état de la masse gazeuse entre les points extrêmes, et il y a lieu de se demander si ces condensations se propagent de tranche en tranche et par réflexions successives, à la façon des ébranlements, dans un fluide où les dilatations sont petites, ou si, au contraire, la masse gazeuse tout entière est animée d'un mouvement d'ensemble alternatif, analogue à un balancement, déterminant des surpressions intenses aux extrémités.

L'importance des effets locaux obtenus conduit à supposer des condensations telles, qu'il paraît évident qu'une notable portion de la masse gazeuse doit être soumise à de grands déplacements. Ce transport d'ensemble est d'ailleurs mis en évidence par les mouvements de l'éprouvette, que nous avons signalés dès le début de cette étude et que les serrages les plus énergiques parviennent à peine à supprimer.

Nous avons cherché à utiliser ces déplacements de l'éprouvette pour obtenir des indications sur la nature du mouvement oscillatoire de la masse gazeuse.

CHAPITRE IV.

LOI DU MOUVEMENT DE L'ÉPROUVETTE SUSPENDUE. INTERPRÉTATION GÉNÉRALE DES FAITS OBSERVÉS.

Supposons que l'éprouvette puisse être considérée comme libre dans l'espace; si nous provoquons l'inflammation de la charge, le système ne sera soumis qu'à des forces intérieures et, d'après un théorème connu de mécanique, son centre de gravité restera fixe dans l'espace. Si l'on désigne par M, m, m' les masses du système, de l'éprouvette et de la charge, par X, x, x' les coordonnées des centres de gravité de ces diverses masses, sur un axe quelconque, on a

$$MX = mx + m'x'.$$

X étant constant, on voit que les déplacements des centres de gravité de l'éprouvette et de la masse explosive seront de sens contraire et dans le rapport inverse des masses. Les déplacements de la masse gazeuse ne pouvant s'opérer que suivant l'axe de l'éprouvette, le mouvement de celle-ci sera un mouvement de translation suivant cette même direction, et, comme l'éprouvette constitue un système invariable, il suffira d'inscrire le mouvement parallèle à l'axe d'un de ses points pour obtenir le mouvement du centre de gravité de la masse gazeuse changé de signe et réduit dans le rapport inverse des masses.

Ces conditions théoriques peuvent être réalisées, avec une grande approximation, de plusieurs manières. On peut disposer l'éprouvette sur un support horizontal en faisant tracer un des points de sa surface muni d'une plume sur un cylindre tournant, à axe horizontal parallèle à l'axe de l'éprouvette. Les frottements de l'éprouvette glissant sur le support sont en effet négligeables vis-à-vis des forces mises en jeu, ainsi que nous le verrons plus loin. La bombe pesant 30^{kg}, les frottements dirigés en sens contraire du mouvement seraient de 3^{kg} environ, alors que les

forces maxima mises en jeu se chiffrent par milliers de kilogrammes.

Nous avons préféré recourir à une disposition théoriquement plus compliquée, mais qui permet de réduire l'influence des forces extérieures à une valeur encore plus faible.

Si l'on suspend la bombe horizontalement par un fil de grande longueur par rapport à la longueur de l'éprouvette, il est facile de

Fig. 5.

voir que l'équation générale du mouvement d'un corps solide autour d'un axe fixe

$$\Sigma m l^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} = \mathrm{P}\, l \sin\theta$$

se réduit, dans le cas de déplacements très petits, à l'égalité

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + m' \frac{d^2x'}{dt^2} = \mathrm{P}\, \frac{\Delta x}{l},$$

P désignant le poids de l'éprouvette;
l désignant la longueur du fil;
m, m', x, x' conservant les significations indiquées plus haut.

Dans nos expériences, Δx ne dépasse pas 1^{mm} et $l = 4^{m}$ environ.

L'influence maximum des forces extérieures est donc réduite à quelques grammes; elle est de l'ordre du millionième des forces

que nous nous proposons d'évaluer et peut être entièrement négligée : la relation liant entre eux les déplacements du centre de gravité se réduit à la forme simple établie plus haut.

L'expérience a été réalisée en suspendant horizontalement l'éprouvette de 1^m par un double fil de grande longueur, 4^m environ.

En un point de la surface de l'éprouvette était fixée une plume très courte, qui traçait sur un cylindre tournant dont l'axe était parallèle à celui de l'éprouvette. L'éprouvette était fermée par des tampons fixes ne renfermant aucune pièce ou piston susceptible de déplacement. La période d'oscillation d'un pareil système était de 4 à 5 secondes, c'est-à-dire de 2 ou 3 mille fois plus grande que celle des phénomènes à étudier.

Le mouvement de l'éprouvette était guidé par des tiges fixes dont les frottements étaient assez faibles pour ne pas empêcher l'oscillation du système, lorsqu'il était écarté de quelques degrés. Ainsi que nous l'avons vu plus haut, des frottements de cet ordre sont entièrement négligeables vis-à-vis des forces mises en jeu.

L'inflammation de la charge au moyen d'un courant électrique,

Fig. 6.

Échelle des déplacements, $\frac{1}{2}$.
Échelle des temps, $\frac{1}{1}$.

conduit à l'une des extrémités de la bombe par un fil fin et souple,

faisait rendre à la bombe un son aigu résultant de la mise en vibration longitudinale du tube. Ce mouvement vibratoire, lorsque la plume est fixée à l'une des extrémités de la bombe, a une amplitude suffisante pour se traduire sur le tracé par une fine broderie dont la période, une fois connue, pourrait dispenser de l'emploi du diapason pour évaluer la vitesse du cylindre.

Cette période correspond à un nombre de vibrations égal à 2381 par seconde ($re'_6 + 1$ comma); nous l'avons retrouvée dans tous les tracés.

Nous prendrons pour exemple le tracé n° 320 obtenu avec la poudre BF, à la densité 0,1. La *fig.* 6 reproduit son aspect et nous donnons ci-dessous ses principales dimensions :

Poids de l'éprouvette	$30^{kg},010$	
Poids de la charge	$0^{kg},0341$	
Déplacement du cylindre tournant entre les deux premiers maximums	$1^{mm},86$	
Déplacement du cylindre tournant entre les deux premiers minimums	$1^{mm},72$	
Moyenne	$1^{mm},79$	
Diapason n° 2. Période	$0^{s},001989$	
Longueur de l'ondulation	$2^{mm},03$	
Période du mouvement oscillatoire de la bombe	$0^{s},001752$	
Déplacement final de la bombe	$0^{mm},42$	
Déplacement correspondant au premier maximum	$0^{mm},78$	Différence $0^{mm},36$
Déplacement correspondant au premier minimum	$0^{mm},42$	

D'après ce qui précède, ce tracé représente, à l'échelle du rapport des masses, c'est-à-dire à celle de $\frac{1}{1000}$ environ, les déplacements du centre de gravité de la charge pendant la combustion.

Tout d'abord, le déplacement final $0^{mm},42$ est bien le déplacement attendu. La charge occupe, en effet, une longueur de $0^{m},127$, et son centre de gravité initial est à $0^{m},38$ du centre de la bombe, dont la longueur interne est de $0^{m},887$. La répartition uniforme des produits de la combustion dans l'éprouvette entraîne donc un déplacement de $0^{m},38$ dans le centre de gravité de la charge,

correspondant à un déplacement de $0^{m},38 \times \frac{34,1}{30010} = 0^{m},42$, comme le donne l'expérience.

D'autre part, la période du mouvement oscillatoire du centre de gravité est de $0^{s},001752$, c'est-à-dire très exactement celle que nous avons trouvée pour la période des à-coups de pression déduite de l'observation des tracés.

Nous sommes donc fondés à attribuer à la loi du mouvement représentée par le tracé la signification théorique qui vient d'être indiquée.

Il en résulte que :

1° Le centre de gravité de la masse explosive subit des déplacements énormes, de sens contraire et de période égale à celle des à-coups de pression sur les fonds de l'éprouvette. Ces mouvements s'éteignent rapidement, en 5 ou 6 parcours, suivant l'axe de l'éprouvette. Les déplacements atteignent, entre le premier maximum et le premier minimum, la valeur de $0^{mm},36 \times \frac{30010}{34,1}$, soit $0^{m},32$, c'est-à-dire près des $\frac{2}{3}$ de la longueur de l'éprouvette;

2° La vitesse maximum de ce déplacement, évaluée par la mesure de la tangente d'inflexion de la courbe sinusoïdale entre le premier maximum et le premier minimum, est de $0^{m},79 \times \frac{30010}{34,1}$, c'est-à-dire de près de 700^{m}.

On peut également se faire une idée des forces qui sollicitent l'éprouvette, en assimilant la loi du déplacement entre le premier maximum et le premier minimum à un mouvement sinusoïdal de la forme

$$x = \frac{e}{2}\left(1 - \cos\frac{\pi t}{\tau}\right),$$

dans lequel e représente le déplacement $0^{mm},36$, évalué plus haut, et τ la demi-période $\frac{0^{s},001752}{2}$.

La force maximum, qui sollicite l'éprouvette à l'instant des déplacements maximum et minimum, c'est-à-dire la différence des pressions exercées à ce moment sur les deux fonds de l'éprouvette, est donnée par l'expression

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{me}{2} \times \frac{\varpi^2}{\tau^2},$$

m désignant la masse de l'éprouvette vis-à-vis de laquelle la masse de la charge peut être négligée.

Cette différence de pression totale dépasse 7000^{kg}, et, si l'on tient compte de la section de 4^{cq} environ présentée par l'éprouvette, on voit qu'aux périodes de compression maximum la pression par centimètre carré est de 1500^{kg} plus élevée sur l'un des fonds que sur l'autre. Ces nombres sont peut-être exagérés, la loi sinusoïdale n'étant pas rigoureusement applicable. On doit remarquer, toutefois, que cette loi est bien la loi approchée du phénomène; car elle reproduit, outre la périodicité et l'amplitude du mouvement observé, une vitesse maximum de déplacement entre le premier maximum et le premier minimum, dont la valeur

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\varpi e}{2\tau} = 0^{m},72$$

est voisine de celle $0^{m},79$, donnée par la lecture directe.

Le tracé 304, relatif à la même poudre B employée à la densité de chargement 0,15, conduit aux mêmes conclusions. Le déplacement final est bien le déplacement théorique résultant de la combustion de la charge. La période des oscillations, $0^{s},001526$, est de l'ordre de celle des à-coups successifs de pression enregistrés par les appareils crushers.

Au contraire, la méthode de la bombe suspendue n'a fourni, avec une poudre lente comme la poudre B^{16} à la densité 0,25, qu'un tracé présentant des ondulations à peine perceptibles. Nous avons vu, en effet, que, dans ces conditions d'expérience, le régime de condensations gazeuses n'entraîne au même instant, aux deux extrémités de l'éprouvette, que de faibles différences de pression, de 150^{kg} environ, insuffisantes pour introduire, dans le tracé du mouvement d'une éprouvette de 30^{kg}, des perturbations notables.

Nous nous proposons de reprendre ces expériences dans des conditions plus favorables à la précision des mesures, et nous ne retiendrons de cette discussion que les notions générales qu'elle nous fournit sur l'état de la masse gazeuse pendant la combustion de la charge.

Interprétation générale.

Nous allons chercher, en nous appuyant sur l'ensemble des données expérimentales que nous venons de réunir, à rendre

compte de la production des condensations gazeuses sous l'influence de la dyssymétrie du chargement, de leur accroissement progressif jusqu'à la fin de la combustion et, enfin, des divers aspects présentés par les tracés.

A l'origine, l'éprouvette est constituée par une capacité cylindrique à l'une des extrémités de laquelle la charge se trouve condensée. L'inflammation de cette charge détermine une émission gazeuse dont le premier effet est une augmentation locale de pression qui détermine la mise en mouvement des tranches gazeuses vers l'extrémité libre de l'éprouvette. Nous pouvons donc concevoir les gaz provenant de la combustion sous forme d'une colonne cylindrique, de densité décroissante depuis son point d'émission jusqu'à son extrémité. La pression, au contact de la charge, continuera à croître jusqu'au moment où l'excès de pression d'une tranche sur la tranche voisine sera suffisante pour donner à la veine fluide des vitesses assurant le débit des gaz émis par les surfaces en combustion. Si maintenant nous supposons l'extrémité de la colonne gazeuse brusquement arrêtée par les parois de l'éprouvette, les tranches voisines devront éteindre leur force vive par un travail de compression réciproque qui déterminera l'accroissement rapide des pressions à l'extrémité opposée à la charge. L'importance de cette compression dépendra de la vitesse acquise par la colonne gazeuse, c'est-à-dire du débit qu'elle est chargée d'assurer, ou encore, ce qui revient au même, de la vivacité de la combustion de l'explosif. On conçoit qu'il arrive un moment où cette extrémité de l'éprouvette pourra se trouver soumise à une pression supérieure à celle qui est réalisée au contact de la charge et dont la tension cesse de croître en raison du débit assuré par le mouvement de la colonne gazeuse. A ce moment, les phénomènes seront renversés, et il y aura écoulement de la masse gazeuse en sens inverse vers l'extrémité où se combure la charge. Mais, pour cette extrémité, deux causes concourront à l'accroissement très rapide des pressions : la compression due à l'extinction des vitesses inverses prises par la veine fluide et l'émission provenant de la combustion de l'explosif, émission qui, pour tous les explosifs connus, croît rapidement avec la pression.

Nous devons donc prévoir un renforcement des phénomènes de condensation à chaque période d'oscillation, tant que la com-

bustion de l'explosif n'est pas terminée, et c'est ce que nous montre l'expérience.

En tenant compte de ce régime oscillatoire de la masse gazeuse, on peut concevoir la loi des pressions appliquées aux extrémités de l'éprouvette comme résultant de la loi normale de développement des pressions dans le cas d'une répartition uniforme de la charge, modifiée par la superposition d'une courbe sinusoïdale de période égale à la durée qui sépare, ainsi que nous l'avons vu plus haut, deux à-coups successifs de pression; c'est ce qu'indique la *fig.* 7.

L'appareil crusher n'enregistrant que les pressions croissantes,

Fig. 7.

sans jamais revenir en arrière, remplace, dans le tracé, par des paliers les portions de la courbe répondant à des pressions décroissantes. Cette représentation nous rend compte des transformations qu'éprouvent les tracés, lorsqu'on passe d'une poudre lente à une poudre vive, ou que, pour une même poudre, on accroît la densité de chargement. Il est facile de voir que, si l'on fait varier progressivement l'amplitude de l'oscillation autour de la valeur normale de la pression ou que si la courbe moyenne se redresse de plus en plus, le tracé pourra être simplement ondulé ou présenter les ressauts raccordés par des courbes allongées appartenant au premier type étudié plus haut; puis, l'amplitude de l'oscillation augmentant, il arrivera un moment où la tangente d'in-

flexion de la sinusoïde atteindra la verticale ; à ce moment, l'appareil crusher doit se trouver soumis à des pressions instantanément appliquées, qui donnent lieu à l'écrasement double caractéristique du fonctionnement dynamique de l'appareil crusher, que nous avons signalé dans les tracés du second type.

On conçoit enfin qu'avec des poudres très vives ou employées à densité de chargement élevée, ce fonctionnement dynamique, entraînant l'écrasement double de l'écrasement statique, soit réalisé dès l'arrivée de la première condensation susceptible de produire un écrasement permanent sur l'appareil crusher, et il suffit que la résistance du cylindre correspondant à cet écrasement double soit supérieure à la valeur des pressions produites par les à-coups ultérieurs pour que le tracé ne comporte pas de paliers successifs, malgré le régime ondulatoire des pressions, et se trouve réduit à la forme simple du troisième type de tracé signalé plus haut.

CHAPITRE V.

ÉTUDE DE DIVERS EXPLOSIFS. — EXTENSION DES RÉSULTATS RELATIFS A LA POUDRE B.

Il nous reste à montrer que les phénomènes résultant de la dyssymétrie du chargement, que nous venons d'étudier, ne sont pas particuliers aux poudres B, et qu'ils se produisent avec tous les explosifs sous des formes différentes suivant leur vivacité, mais rentrant toujours dans les divers types que nous venons de passer en revue.

I. — Coton-poudre pulvérulent.

Le coton-poudre qui a servi à nos essais présente le degré de nitrification maximum obtenu en fabrication courante (il dégage 205 à 207^{cc} de bioxyde d'azote par gramme). Il était employé sous la forme pulpée qui résulte de la purification par le procédé

Abel. Ce coton-poudre était légèrement comprimé sous forme de cylindres, de 4 à 5^{cm} de longueur et de 20^{mm} de diamètre, facilement clivables en rondelles. Cette disposition permettait une facile inflammation de l'ensemble de la charge par l'amorce.

Nous rapprochons, dans le tableau suivant, les résultats obtenus à la densité 0,1, dans la bombe normale et dans la bombe de 1^{m}.

TABLEAU XI.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience. 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre finale.	PRESSION de tarage statique.	SECTION du piston.	NATURE de l'éprouvette et disposition de la charge.
			mm	mm	kg	cq	
Coton-poudre pulvérulent.	126	0,1	13	10,99	1703 $P\frac{\varepsilon}{2}=1076$	1	Bombe normale de 55^{mm}. Charge uniformément répartie.
	124	0,1	13	7,46	3500	1	Bombe de 1^{m}. Charge en pastilles uniformément réparties.
	121	0,1	13	5,46	> 5602	1	Bombe de 1^{m}. Charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
			Enregistrement simultané.				
	309	0,1	13	3,44	> 11543	0,75	Bombe de 1^{m}. Charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
			13	5,74	> 5394	0,75	

On voit qu'avec un explosif aussi vif que le coton-poudre la répartition uniforme de la charge (exp. 124) n'a pas suffi pour assurer la pression normale apparente de 1700^{kg} observée dans les petits récipients, pression qui se réduit à 1000 à 1100^{kg}, en tenant compte de l'écrasement double; une partie de la charge se trouvant sans doute projetée pendant l'inflammation en détruisant la symétrie primitive, il en résulte une pression anormale sur

l'extrémité de l'éprouvette opposée à la mise de feu. Mais ces effets s'exagèrent dans des proportions considérables par la condensation de la charge à l'une des extrémités.

L'expérience 309, dans laquelle a été réalisé l'enregistrement simultané aux deux extrémités de l'éprouvette, montre en outre que c'est du côté de la mise de feu, au contact de la charge, que les effets les plus formidables sont produits; les tracés, qui se réduisent à deux traits sensiblement rectilignes, indiquent que c'est d'abord du côté de la mise de feu que la pression a pris naissance, par une combustion presque instantanée de la charge sous forte densité de chargement, et que ce n'est qu'ensuite que l'à-coup de pression a eu lieu à l'autre extrémité. Cette surpression énorme au contact de la charge n'est donc pas d'origine ondulatoire, et la pression opposée, beaucoup plus faible, rentre seule dans les phénomènes que nous avons précédemment étudiés : elle correspond d'ailleurs à des écrasements de 3 à 4 fois supérieurs à l'écrasement normal.

Nous n'avons pas cru pouvoir pousser au delà de la densité de chargement 0,1 les essais relatifs au coton-poudre.

II. — Poudre de chasse.

Les résultats obtenus à l'aide de la poudre de chasse n° 1 sont contenus dans le tableau suivant :

TABLEAU XII.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience. 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre finale.	PRESSION de tarage statique.	SECTION du piston.	NATURE de l'éprouvette et disposition de la charge.
			mm	mm	kg	cq	
	146	0,3	13	12,07	983	1,00	Bombe normale. Charge uniforme.
			Enregistrement simultané.				
Poudre de chasse n° 1.	286	0,1	13	12,57	591	1,00	
			13	11,76	1215	1,00	
	287	0,2	13	11,62	1313	1,00	
			13	10,17	2128	1,00	
	265	0,2	13	12,64	1341	0,75	
			13	11,75	1630	0,75	
	125	0,3	13	7,09	3761	1,00	Bombe de 1m. Charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
	248	0,3	13	6,68	4099	1,00	
			Enregistrement simultané.				
	260	0,3	13	11,26	2061	1,00	
			13	7,80	4384	1,00	

Dès les densités 0,1 et 0,2, pour lesquelles la pression normale est de 300kg et 650kg environ, la dyssymétrie du chargement se traduit par des écrasements triples ou quadruples de la valeur normale. Les tracés montrent nettement le régime ondulatoire des pressions. L'écrasement commence d'abord du côté de la charge, puis s'arrête pendant que la pression s'inscrit d'un seul coup à l'autre extrémité. Puis un deuxième coup de bélier termine l'écrasement du côté de la mise de feu, écrasement toujours plus faible que celui qui correspond à l'extrémité opposée à la charge. Le même régime s'observe à la densité 0,3; l'écrasement atteint sa valeur la plus considérable à l'extrémité opposée à la charge. Cet écrasement s'élève jusqu'à 6 fois la valeur de l'écrasement normal.

La durée qui sépare les deux à-coups brusques à chaque extré-

mité est beaucoup plus longue que la durée similaire observée sur les tracés de poudre B($0^s,001379$). La vitesse de propagation correspondante est comprise entre 600 et 700^m (643^m).

Le procédé de la bombe suspendue conduit aux mêmes conclusions.

On a observé, dans le tracé n° 302, à la densité 0,3, 5 ondulations très nettes, de période égale à $0^s,002942$, d'où la vitesse de propagation de 603^m pour les condensations gazeuses.

III. — Poudre C_1.

L'échantillon mis en essai était une poudre C_1 de réception, fabriquée au Ripault ; les résultats obtenus sont contenus dans le tableau suivant :

TABLEAU XIII.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience. 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre finale.	PRESSION de tarage statique.	SECTION du piston.	NATURE de l'éprouvette et disposition de la charge.
			mm	mm	kg	cq	
Poudre C_1.	119	0,3	13	11,85	1151	1	Bombe de 1^m. Charge uniformément répartie.
	342	0,5	13	9,83	2291	1	Bombe normale de 55^{mm}.
	229	0,6	13	8,61	2861	1	
	127	0,3	13	11,14	1617	1	
	128	0,3	13	10,51	1958	1	
			Enregistrement simultané.				
	289	0,3	13	10,58	1922	1	Bombe de 1^m. Charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
			13	11,52	1381	1	
	151	0,4	13	9,86	2277	1	
			Enregistrement simultané.				
	407	0,4	13	8,18	3078	1	
			13	9,35	2514	1	
	406	0,5	13	4,93	>6353	1	

Avec la poudre C_1, qui est beaucoup plus lente que les explosifs précédents, nous voyons s'atténuer, aux faibles densités de chargement, les pressions anormales dues au mouvement des masses gazeuses. L'écrasement à la densité 0,3 est à peine le double de l'écrasement normal, du côté opposé à la charge. Ce n'est qu'aux fortes densités de chargement, telles que 0,5, que nous voyons apparaître les écrasements considérables que le fonctionnement dynamique du crusher ne saurait expliquer.

Les tracés **289** et **407**, à enregistrement simultané, montrent, comme dans le cas de la poudre de chasse, qu'un premier écrasement se produit du côté de la mise de feu. Cet écrasement s'arrête pendant que la pression s'inscrit d'un seul coup à l'autre extrémité. Puis, l'écrasement se termine du côté de la mise de feu par un seul à-coup qui l'amène à une valeur *plus considérable* que celle de l'écrasement opposé.

Ce sont des conditions de fonctionnement inverses de celles que nous avons observées pour la poudre de chasse. Elles s'expliquent par la différence de durée de combustion des deux poudres, qui fait coïncider la pression maximum des condensations produites avec le passage de l'onde comprimée à l'une ou l'autre extrémité de l'éprouvette.

La durée qui sépare les à-coups brusques de pression aux deux extrémités a été trouvée de $0^s,001403$, dans l'expérience **407**, à la densité 0,4. Cet intervalle correspond à une vitesse de propagation des à-coups de 632^m, du même ordre que celle qui a été observée pour la poudre de chasse.

Un tracé n° **306**, obtenu avec la bombe suspendue, à la même densité 0,4, a permis d'observer 3 ondulations dont la période moyenne est de $0^s,002424$, conduisant à la vitesse moyenne d'oscillation de masse gazeuse de 699^m.

Enfin, le tracé **307**, obtenu par le procédé de la bombe suspendue, à la densité de chargement 0,5, a donné la période de $0^s,002251$, correspondant à la vitesse de 788^m.

L'identification de la première boucle du tracé avec une sinusoïde, dans les conditions indiquées plus haut, conduit à évaluer à près de 1800^{kg} par centimètre carré la différence des pressions exercées sur les deux fonds de l'éprouvette.

Nous avons cherché à augmenter le nombre des périodes de

condensation observables sur les tracés, par l'emploi de poudres beaucoup plus lentes.

IV. — Poudre PB_1 et PB_2.

Ces poudres sont employées au chargement des pièces de gros calibre de la marine. Les résultats sont contenus dans le tableau suivant :

TABLEAU XIV.

NATURE de la poudre.	NUMÉRO de l'expérience. 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre primitive.	HAUTEUR du cylindre finale.	PRESSION de tarage statique.	PISTON.	NATURE DE L'ÉPROUVETTE et disposition de la charge
			mm	mm	kg	cm	
PB_1S.....	273	0,5	13	10,69	2486	0,75	Bombe de 1ᵐ, charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
			13	10,85	2373	0,75	
PB_2S.....	291	0,5	13	9,89	2263	1,00	Bombe de 1ᵐ, charge condensée sur le bouchon de mise de feu. Charge d'inflammation de poudre de chasse représentant $\frac{1}{100}$ du poids de la charge.
			13	9,86	2277	1,00	
	290	0,5	13	5,27	>5887	1,00	Mêmes conditions. Charge amorce de poudre de chasse représentant $\frac{2}{100}$ du poids de la charge.
			13	4,93	>6397	1,00	

Malgré la condensation de la charge à l'une des extrémités, la combustion de la poudre PB_1 n'a donné lieu à aucun phénomène ondulatoire. Non seulement les pressions finales ont la valeur normale correspondant à la densité de chargement 0,5, mais les tracés identiques obtenus aux deux extrémités ne présentent aucun à-coup ni ondulation.

En présence de ce résultat, on a cherché, avec une poudre à combustion un peu plus vive, la poudre PB_2, à amorcer les phénomènes ondulatoires par l'emploi d'une charge auxiliaire de poudre de chasse de poids égal aux $\frac{2}{100}$ de celui de la charge totale. Les pressions finales de l'expérience 291, effectuée dans ces con-

ditions, sont encore normales, mais les tracés présentent les à-coups successifs dus à l'établissement du régime ondulatoire. Ces à-coups sont au nombre de 3 du côté de la mise de feu, au nombre de 2 du côté opposé, et s'intercalent régulièrement. Mais les tracés ne présentent pas la netteté des tracés similaires obtenus à l'aide des poudres B. Ils sont altérés par les flexions qu'éprouvent les supports dans lesquels est emboîtée l'éprouvette. La masse gazeuse mise en mouvement est, en effet, considérable, le poids de la charge atteignant 170^{gr} environ.

C'est donc sous toute réserve que nous donnons les durées suivantes, séparant soit les à-coups de pression sur un même fond de l'éprouvette, soit deux à-coups de même rang sur les fonds opposés.

La durée qui sépare les deux derniers à-coups, les plus brusques du côté de la mise de feu, est de $0^{s},003164$, correspondant à une vitesse de propagation de 560^{m}.

La durée séparant les deux derniers à-coups de même rang, aux extrémités opposées, a été trouvée de $0^{s},001254$, correspondant à la vitesse de 890^{m}.

Ces nombres comprennent les valeurs précédemment trouvées dans l'étude des poudres de chasse et C_1.

Enfin, la même poudre PB_2, additionnée d'une charge amorce de poids égal au $\frac{1}{10}$ de celui de la charge, a donné lieu aux écrasements anormaux des poudres les plus vives. Les tracés présentent les caractères décrits pour la poudre de chasse. Un premier écrasement lent du côté de la charge s'arrête pendant qu'à l'autre extrémité s'inscrit d'un seul coup un écrasement supérieur au double de l'écrasement normal. Puis, l'écrasement se termine également d'un seul coup du côté de la charge.

Nous arrivons donc à cette conclusion que toutes les poudres, jusqu'aux plus lentes, sont susceptibles de donner lieu, en vase clos, aux phénomènes des pressions ondulatoires, lorsque la charge n'est pas uniformément répartie suivant l'axe de l'éprouvette.

Vitesses théoriques de propagation. — Nous retrouvons, pour les poudres noires, la coïncidence approchée des vitesses de transmission des condensations gazeuses et des vitesses de propa-

gation théoriques d'un ébranlement très petit dans les produits de la décomposition.

La mesure des pressions normales en vase clos, produites par les poudres de chasse et C_1, conduit aux valeurs suivantes des constantes qui interviennent dans la relation $p = \frac{f\Delta}{1-\alpha\Delta}$, qui lie la pression à la densité de chargement :

Poudres de chasse et C_1. $\alpha = 0{,}65$, $f = 2750$.

On en déduit, pour la vitesse de propagation, $V = \frac{\sqrt{\gamma E}}{\rho}$ aux diverses densités de chargement, les valeurs suivantes, que nous rapprochons des nombres obtenus pour des densités de chargement *moyennes* peu différentes :

		Vitesse	
	Densité.	théorique.	observée.
		m	m m
Poudres de chasse et C_1...	0,1	657,0	603 à 643
	0,2	706,0	632 à 699
	0,3	763,0	788

CHAPITRE VI.

ÉVALUATION QUANTITATIVE DES SURPRESSIONS.

Nous n'avons jusqu'ici tiré des indications fournies par les appareils crushers que des évaluations qualitatives des surpressions produites par les phénomènes de condensation, qui résultent du mouvement ondulatoire de la masse gazeuse. Les évaluations quantitatives ne peuvent être faites exactement, mais on peut du moins fixer des limites inférieures des pressions réalisées.

Tout d'abord, il résulte de nos expériences que les cylindres de cuivre employés à la mesure des pressions ne s'écrasent jamais

à nouveau, d'une façon appréciable, que sous des pressions supérieures à la résistance statique correspondant à leur écrasement primitif. Cette propriété a été établie par de nombreux essais, dans lesquels les mêmes cylindres ont été soumis successivement aux mêmes pressions résultant de la combustion des explosifs, tels que poudre B de lenteur variable et poudres noires de toute espèce. La répétition des pressions ne donne lieu qu'à des écrasements de quelques centièmes ou rigoureusement nuls. Par suite, pour un tracé présentant des paliers successifs, la pression a nécessairement dépassé la valeur de la résistance statique du cylindre correspondant à l'écrasement relatif au dernier palier, et l'incertitude ne porte que sur les conditions dans lesquelles a été produit l'écrasement par le dernier à-coup de pression. En considérant ce dernier écrasement comme dynamique et retranchant, par suite de l'écrasement total observé la moitié de cet écrasement final, on obtiendra, par la comparaison de la table de tarage statique, une valeur de la pression qui ne peut être que trop faible. Cette correction suppose, en effet, que le dernier à-coup de pression a été instantanément appliqué et que, de plus, l'appareil a eu le temps d'enregistrer la pression maximum de cet à-coup. Pour les masses de piston que nous avons employées, ceci revient à supposer que la pression maximum a duré plus de $\frac{3}{10000}$ de seconde. Or, nous avons vu que la durée de la propagation de la condensation, d'une extrémité à l'autre de l'éprouvette, ne dépasse pas $\frac{8}{10000}$ de seconde dans le cas des poudres B, et $\frac{15}{10000}$ dans le cas des poudres noires. On doit donc prévoir que l'écrasement dynamique du crusher sera, en général, incomplet, et que la correction du demi-écrasement final sera trop forte.

Pour les expériences dans lesquelles le tracé nous indique que l'écrasement a été obtenu par un seul à-coup, le calcul de la pression correspondant à l'écrasement moitié donnera également un chiffre trop faible, surtout si l'écrasement atteint les valeurs énormes que nous avons signalées, parce qu'alors la loi linéaire de la résistance des cylindres crushers n'est plus applicable jusqu'à ces limites extrêmes et que la résistance croît beaucoup plus vite que l'écrasement, dès que le cylindre est réduit à plus de la moitié de sa hauteur.

Sous ces réserves, nous rapprochons, dans le tableau suivant,

les valeurs des pressions minima ainsi calculées des pressions normales correspondant aux densités de chargement réalisées pour les divers explosifs.

TABLEAU XV.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience.	DENSITÉ de chargement.	PRESSION normale.	LIMITE inférieure de la pression d'ondulation.	OBSERVATIONS.
			kg	kg	
Poudre BF.....	91	0,1	1100	1434	Pression sur l'extrémité de la bombe opposée à la charge.
	93	0,1	»	1277	
	103	0,2	2300	2916	
Poudre de chasse.	248	0,3	1000	2286	
	260	0,3	»	2685	
Coton-poudre....	121	0,1	1100	2565	
	309	0,1	»	3031	
Poudre BSP.....	171	0,2	2300	2421	
	267	0,2	»	2200	

Ces limites inférieures des pressions réalisées montrent que, dans le cas des poudres vives : coton-poudre et poudre de chasse, les condensations atteignent le double ou le triple de la pression normale.

Pour les poudres plus lentes, le mode de correction adopté, qui suppose l'écrasement dynamique du cylindre, ne conduit qu'à des valeurs de la pression peu supérieures à la valeur normale : il est cependant évident, comme nous l'avons fait remarquer dès le début de cette étude, que la pression maximum ne saurait être appliquée brusquement à l'appareil crusher sans une perturbation profonde de la distribution des pressions dans l'éprouvette, entraînant des excès de pression sur certains points et des diminutions sur d'autres.

Emploi des cylindres préalablement écrasés. — On peut d'ailleurs resserrer encore davantage les limites entre lesquelles est comprise la pression maximum, en faisant usage de cylindres écrasés à l'avance de quantités de plus en plus fortes et en répé-

tant les expériences jusqu'à ce que le cylindre n'éprouve plus d'écrasement sensible par l'application de la pression de l'explosif.

Nous rapprochons, dans le tableau suivant, les résultats obtenus, côté opposé à la charge, par l'application de cette méthode.

TABLEAU XVI.

NATURE de la poudre.	NUMÉRO de l'expérience, 1880.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre.		ÉCRASEMENT	PRESSION statique		PISTON.	PRESSION. normale.
			Primitive.	Finale.		initiale.	finale.		
			mm	mm	mm	kg	kg	cq	kg
Poudre BF.....	141	0,1	11,44	10,50	0,94	1075	1472	1,33	1100
	143	0,1	11,36	9,95	0,41	1113	1676	1,33	
	269	0,1	10,84	10,58	0,26	1785	1922	1,00	
	270	0,1	10,58	10,53	0,05	1922	1948	1,00	
	413	0,2	8,19	3,38	4,81	4096	9629	0,75	2300
Poudre de chasse.	147	0,3	9,45	8,47	0,98	2467	2931	1,00	1000
	409	0,3	8,52	8,26	0,26	2906	3036	1,00	
Poudre C,.....	150	0,3	11,85	11,24	0,61	1151	1558	1,00	1000
Poudre BSP...	408	0,2	8,98	7,33	1,65	2687	3588	1,00	2300
	410	0,2	7,73	7,44	0,29	3330	3514	1,00	
	411	0,2	7,33	7,09	0,24	3588	3761	1,00	
	412	0,2	7,09	6,96	0,13	3761	3862	1,00	

Il résulte de ces nombres que, même avec les poudres lentes, les surpressions résultant des phénomènes d'ondulations peuvent dépasser, des $\frac{2}{3}$ ou des $\frac{3}{4}$, les pressions normales correspondant à la combustion de la totalité de la charge.

Avec les poudres vives, ces surpressions atteignent le triple de la pression normale, et si l'on tient compte du fait que ces condensations gazeuses sur une des extrémités de l'éprouvette doivent coïncider avec des dépressions à l'autre extrémité, on s'explique les différences de pression sur les deux fonds, se chiffrant par milliers de kilogrammes, qui donnent à la bombe suspendue les mouvements alternatifs que montrent les tracés.

Emploi des pistons lourds. — L'emploi d'appareils crushers munis de pistons beaucoup plus lourds que ceux qui sont généralement usités nous a permis de contrôler les résultats précédemment acquis, relatifs à la succession rapide de condensations et de dilatations aux extrémités de l'éprouvette.

Nous avons répété nos expériences avec un appareil crusher dont le piston pesait 4^{kg}, c'est-à-dire 80 à 100 fois le poids moyen des pistons ordinaires. Il en résulte que la durée de fonctionnement sous pression constante est sensiblement décuplée et atteint environ $\frac{3}{1000}$ de seconde.

Or, nous avons trouvé, pour la durée qui sépare deux à-coups successifs de pression, des valeurs comprises, suivant les explosifs, entre $\frac{1.7}{1000}$ et $\frac{3}{1000}$ de seconde, c'est-à-dire que, nécessairement, le piston sera soumis, pendant la durée de son fonctionnement, à la dépression intermédiaire entre deux maximums consécutifs.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant, où on les a rapprochés des résultats fournis par le piston léger.

TABLEAU XVII.

NATURE de l'explosif.	NUMÉRO de l'expérience, 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre. primitive.	HAUTEUR du cylindre. restante	PRESSION statique correspondante.	PRESSION obtenue avec le piston léger.	NATURE DE L'ÉPROUVETTE et disposition de la charge.
Coton-poudre légèrement comprimé.	123	0,1	13 mm	10,87 mm	1769 kg $P_{\frac{\varepsilon}{2}} = 1091$	3500 kg $P_{\frac{\varepsilon}{2}} = 2099$	Bombe de 1m. Charge uniformément répartie dans la longueur de la bombe.
	122	0,1	13	10,09	2167 $P_{\frac{\varepsilon}{2}} = 1367$	>5602	Bombe de 1m. Charge condensée sur le bouchon de mise de feu.
Poudre BF.	148	0,1	13	11,84	1158	1100 environ	Bombe normale de 21mm. Charge uniformément répartie.
	104	0,1	13	11,84	1158	1434 à 1733	Bombe de 1m. Charge condensée sur le bouchon de mise de feu.

On voit que le piston de 4^{kg} donne, avec les poudres BF, malgré la dyssymétrie du chargement dans la bombe de 1^{m}, la pression

normale fournie par cette poudre dans le cas d'une charge régulièrement répartie (exp. 88, 89, 101).

Le fonctionnement de l'appareil n'est pourtant pas devenu normal, ainsi que l'indique le tracé d'écrasement qui met en évidence les à-coups successifs; mais, grâce à son inertie, il a pu totaliser les actions auxquelles il était soumis.

Avec le coton-poudre pulvérulent, le fonctionnement normal par écrasement double qui n'avait pu être obtenu dans la bombe de 1^{m} avec le piston léger, même dans le cas d'une répartition uniforme de la charge, a été réalisé par le piston de 4^{kg}, qui fournit la pression normale $P_{\frac{e}{2}}$ obtenue dans les petites éprouvettes (exp. 126, $P_{\frac{e}{2}} = 1076$).

Dans le cas de la charge condensée, le piston de 4^{kg} donne encore un léger accroissement de pression, $P_{\frac{e}{2}} = 1367$; mais il suffit de se reporter à la pression fournie par le piston léger pour juger de l'atténuation énorme des effets d'ondulation de pression qu'il a permis d'obtenir.

CHAPITRE VII.

INFLUENCE DE LA LONGUEUR DE L'ÉPROUVETTE.

Il nous reste à examiner comment la longueur de l'éprouvette influe sur l'intensité des effets obtenus. Nous avons vu que les récipients de longueur ne dépassant pas 5 à 10^{cm} ne mettent en évidence aucune perturbation de cet ordre.

Dans ce cas, en effet, la masse de la colonne gazeuse mise en mouvement est très faible et, d'autre part, la période des réflexions sur les fonds est si courte que l'appareil crusher doit totaliser les actions de sens contraires auxquelles il est soumis.

On conçoit, d'autre part, que le diamètre de l'éprouvette ne

doit jouer qu'un rôle secondaire dans le phénomène, les mouvements paraissant s'opérer, comme le montre l'expérience de la bombe suspendue, par tranches parallèles suivant l'axe de l'éprouvette. Le diamètre ne doit donc influer que par les frottements.

Nos essais ont porté sur les types d'explosifs les plus vifs, c'est-à-dire les plus propres à donner les pressions anormales. On a opéré dans une éprouvette de 15^{cm} de longueur et de 22^{mm} de diamètre et dans la bombe de 1^{m}, réduite de capacité par des colonnes de mercure ou de mastic.

Lorsque la réduction de volume était obtenue par le mercure, l'éprouvette était disposée verticalement et recevait un poids connu de mercure. Le bouchon de mise de feu, placé à la partie inférieure, portait un long fil métallique isolé qui émergeait du liquide de quelques millimètres et portait l'amorce. La charge était disposée au-dessus et l'extrémité supérieure de l'éprouvette recevait l'appareil crusher. Nous avons vérifié, par la position des résidus de l'explosif et par la mesure de la longueur du fil atteinte par la flamme reconnaissable par l'altération du vernis, que le mercure se comportait, pendant l'explosion, comme une masse solide et ne prenait aucun mouvement capable d'altérer le fonctionnement à capacité réduite que nous avions en vue.

Dans les tableaux suivants, nous rapprochons les écrasements observés avec un même explosif pour diverses longueurs de l'éprouvette.

TABLEAU XVIII.

Poudre de chasse n° 1. Densité de chargement 0,3.

LONGUEUR de la bombe.	NUMÉRO de l'expérience, 1890.	HAUTEUR du cylindre. primitive.	HAUTEUR du cylindre. restante.	PRESSION de tarage statique.	PISTON.	DISPOSITION de la charge.
		mm	mm	kg	cq	
887 mm	125	13	7,09	3761	1,00	
	248	13	6,68	4099	1,00	
	260	13	7,80	4384	0,75	
440	246	13	7,73	3330	1,00	Charge condensée à la mise de feu, c'est-à-dire du côté opposé à l'appareil crusher.
	254	13	8,65	2844	1 (pist. refoulé).	
	255	13	7,72	3336	1,00	
360	253	13	8,51	2911	1,00	
	257	13	9,91	2253	1,00	
300	247	13	11,72	1244	1,00	
	256	13	10,84	1785	1,00	
150	137	13	12,00	1038	1,00	
	138	13	12,27	831	1,00	
	164	13	12,05	999	1,00	

On voit que, pour la poudre de chasse, les effets locaux à l'extrémité de l'éprouvette opposée à la charge, insensibles dans un récipient de 150^{mm} de longueur, commencent à s'accuser pour une longueur de 300^{mm}; ils augmentent dans des proportions considérables, entre les longueurs de 360 et 440^{mm}. A partir de cette longueur, les effets paraissent croître moins rapidement, sans doute à cause de l'influence des frottements des parois sur le mouvement de la masse gazeuse.

TABLEAU XIX.

Coton-poudre C_1. Densité de chargement 0,1.

LONGUEUR de la bombe.	NUMÉRO de l'expérience, 1890.	HAUTEUR du cylindre		PRESSION de tarage statique.	PISTON.	DISPOSITION de la charge.
		primitive.	restante.			
mm		mm	mm	kg	cq	
887	121	13	5,46	>5602	1	Charge condensée à la mise de feu.
440	283	13	9,45	2467	1	
	284	13	9,20	2583	1	
150	219	13	10,94	1731	1	

La pression observée avec la bombe de 150^{mm} répond à l'écrasement double normal que l'on obtient dans les petits récipients tels que l'éprouvette normale de 50^{mm}. Les effets locaux ne paraissent devenir importants que pour des longueurs d'éprouvette supérieures à 300^{mm}.

TABLEAU XX.

Poudre BF.

LONGUEUR de la bombe.	NUMÉRO de l'expérience, 1890.	DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR du cylindre		PRESSION de tarage statique.	PISTON.	DISPOSITION DE LA CHARGE et observations.
			primitive.	restante.			
			mm	mm	kg	cm	
mm 887	262	0,1	13	11,65	1724	0,75	Charge condensée à la mise de feu.
			13	11,60	1785	0,75	
	263	0,1	13	11,61	1760	0,75	
			13	11,58	1860	0,75	
440	276	0,1	13	12,44	933	0,75	Volume réduit par une colonne de mastic. Pression au contact de la charge.
	277	0,1	13	11,43	1080	0,75	
	278	0,15	13	10,56	1932	1,00	Charge condensée à la mise de feu.
	279	0,15	13	10,80	1807	1,00	

Dans la bombe de longueur réduite à moitié (440^{mm}) les pressions anormales, qui se traduisaient par un écrasement double dans la bombe de 1^{m} à la densité 0,1, disparaissent non seulement à la densité 0,1, mais également à la densité 0,15.

Il ressort, de l'examen de ces tableaux, que l'intensité des effets résulte de la longueur absolue de la bombe et non du rapport de la longueur de la charge à la longueur totale de l'éprouvette, qui est constant pour une même densité de chargement dans les bombes de même diamètre. Autrement dit, pour un explosif donné, c'est de la valeur absolue du déplacement du centre de gravité de la charge que dépend l'intensité des phénomènes ondulatoires; et pour une même condition de chargement, cette intensité croît avec l'importance de l'émission gazeuse, c'est-à-dire avec la vivacité de l'explosif.

CHAPITRE VIII.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

La combustion d'une charge explosive dans une capacité close ne donne lieu à des pressions uniformes, à chaque instant, sur les parois du récipient, qu'à la condition que cette charge soit uniformément répartie. Dans le cas de récipients de faible diamètre, il suffit que cette répartition soit uniforme suivant la plus grande longueur de l'éprouvette. Dès que cette condition cesse d'être remplie et, en particulier, lorsque la charge est condensée à l'une des extrémités, on voit naître un mode spécial de répartition des pressions, résultant d'une sorte de balancement périodique de la masse gazeuse suivant le grand axe de l'éprouvette. Il en résulte des condensations dont l'importance croît avec l'émission gazeuse de la charge, c'est-à-dire avec la vivacité de la matière explosive ou, pour une même matière, avec la densité de chargement.

Ces condensations se produisent alternativement aux deux extrémités de l'éprouvette, à des intervalles proportionnels à sa longueur et très voisins de la durée de propagation du son dans les produits de la décomposition à la température de déflagration (1100 à 1200^{m} par seconde pour les poudres B, et 600 à 700^{m} pour les poudres noires). Ces condensations peuvent atteindre, dans une éprouvette de 887^{mm} de longueur, jusqu'au triple de la pression normale correspondant à l'entière combustion de la charge. Ces condensations énormes s'observent aux faibles densités de chargement avec les explosifs les plus vifs, tels que le coton-poudre ou la poudre de chasse ; mais on les obtient également pour des matières de vivacité moyenne employées à densités de chargement élevées. L'importance de ces condensations diminue rapidement avec la longueur de l'éprouvette. Avec aucun explosif nous n'avons pu en observer la moindre trace, ni par les écrasements, ni par les tracés, dans une éprouvette de 15^{cm}.

Si l'on se reporte aux anomalies balistiques qui ont servi de point de départ à cette étude, il semble, au premier abord, que les conditions dans lesquelles elles ont été observées soient précisément celles que les conclusions qui précèdent conduisent à regarder comme les moins favorables à la production des phénomènes ondulatoires. C'est, en effet, avec les poudres les plus lentes tirées à charge réduite, c'est-à-dire à faible densité de chargement, que les pressions anormales ont été observées.

Ce désaccord n'est qu'apparent. Ce n'est pas, en effet, dans la chambre à poudre, ni dans la partie de l'âme qui lui fait immédiatement suite, que des surpressions anormales ont été observées. Dans les conditions de chargement adoptées par l'artillerie, la répartition de la charge est, en général, suffisamment uniforme, suivant l'axe de la chambre, pour que les conditions nécessaires à la production du régime ondulatoire ne soient pas réalisées, quelles que soient la densité du chargement et la vivacité de la poudre. C'est seulement lorsque le projectile a parcouru une partie de l'âme que la charge, située à l'une des extrémités du récipient, se trouve dans les conditions de dyssymétrie que nous avons reconnues favorables à la production des phénomènes ondulatoires. Mais, pour que ces phénomènes se produisent à ce moment, il faut que la combustion de la charge persiste, car nous avons vu que c'est l'intensité de

son émission qui fait naître et qui entretient l'oscillation de la masse gazeuse. Si donc la poudre est vive et que sa combustion soit terminée, ou son émission très réduite pour de faibles déplacements du projectile, le régime ondulatoire ne prendra pas naissance. Il faut donc forcément que la poudre soit lente et que son émission subsiste intense jusqu'à la sortie du projectile pour que nous nous trouvions dans les conditions qui, d'après nos essais, assurent les condensations gazeuses anormales.

La disparition des phénomènes ondulatoires avec l'accroissement de la charge s'explique par une double raison.

La vitesse de combustion des poudres est, en effet, une fonction rapidement croissante de la pression. Or, la pression dans l'arme croît avec la charge; la poudre fonctionne donc comme d'autant plus vive que la charge est plus forte et sa combustion peut se trouver terminée, ou son émission suffisamment réduite, avant que la dyssymétrie du chargement se soit accentuée, par le déplacement du projectile, au point de rendre possible la production de condensations gazeuses importantes.

En second lieu, ces condensations, qui résultent de l'arrêt de l'écoulement de la colonne gazeuse par le culot du projectile, doivent être d'autant moins importantes que la vitesse de ce projectile est plus grande ou que la charge est plus forte.

Enfin, si l'on suppose qu'une première condensation a pris naissance sur le culot du projectile, ce projectile ne sera atteint par un deuxième à-coup que si cette condensation a eu le temps d'effectuer un double parcours de l'âme, en se réfléchissant sur la culasse avant que le projectile ait franchi la bouche du canon. Ce deuxième à-coup sera d'autant moins probable que la vitesse du projectile sera plus grande et se rapprochera de la vitesse de propagation des condensations gazeuses. A ce point de vue, il est évident que les grandes vitesses de propagation, de 1100 à 1200^{m}, correspondant aux poudres B, sont plus favorables à la production des phénomènes ondulatoires dans les canons que les vitesses, de 600 à 700^{m}, que nous avons trouvées pour les poudres noires.

Mais, d'après ce qui précède, ces anomalies doivent disparaître dans le tir des poudres B à grande charge et à grande vitesse.

Les conditions dans lesquelles les pressions anormales ont été observées dans les bouches à feu sont donc bien celles que les essais en vase clos indiquent comme les plus favorables à la production des phénomènes ondulatoires et des condensations gazeuses qui en résultent.

Paris, le 1er septembre 1890.

MÉMOIRE

SUR LE

TIR DES FUSILS DE CHASSE,

Par M. le capitaine JOURNÉE,
Instructeur à l'École normale de tir du camp de Châlons

INTRODUCTION.

Un premier mémoire *Sur le tir des fusils de chasse,* fait par nous en 1888, a été inséré dans le *Mémorial des poudres et salpêtres* (**2**, 519). Les expériences relatées dans ce mémoire étaient peu nombreuses et avaient été faites avec les poudres de chasse ancien type, qui étaient en vente à cette époque. La nature des recherches que nous avions entreprises par simple curiosité personnelle ayant paru offrir quelque intérêt à la direction des poudres et salpêtres, et de nouveaux types de poudre ayant été adoptés vers cette époque, nous avons été invité officiellement à reprendre ces expériences. Des poudres de chasse des nouveaux types furent envoyées dans ce but à l'École normale de tir, et quelques instruments spéciaux furent fabriqués dans cet établissement pour la continuation des expériences.

Plusieurs chapitres du présent travail ont été laissés à dessein très incomplets; car nous aurions été conduit, pour les compléter, à

exposer des sujets se rapportant autant au tir des armes de guerre que des armes de chasse.

Nous adressons nos remercîments à MM. de Metz-Noblat et Schützenberger pour plusieurs observations très intéressantes qu'ils ont bien voulu nous communiquer et dont nous avons largement profité.

Nous remercions également M. Guinard, armurier à Paris, qui a bien voulu mettre gracieusement à notre disposition plusieurs fusils, des cartouches, des poudres de provenances diverses et du plomb de chasse durci.

PREMIÈRE PARTIE.

RENSEIGNEMENTS SUR LES ARMES ET LES MUNITIONS.

CHAPITRE PREMIER.

GÉNÉRALITÉS.

I. — Calibre des fusils de chasse.

Le calibre des fusils de chasse non rayés se désigne, suivant un ancien usage, par le nombre de balles sphériques en plomb ayant le diamètre de l'âme cylindrique qui est contenu dans une livre ancienne (soit $489^{gr},5$). Ainsi calibre 16 signifie que 16 balles sphériques du calibre du fusil pèsent 1 livre. Nous avons déterminé par le calcul (1) et porté dans le tableau ci-après les calibres en millimètres correspondant exactement à la définition du calibre nominal.

Cette correspondance, qui était, en moyenne, observée assez exactement pour les fusils à baguette, ne l'est qu'à peu près pour les fusils de chasse se chargeant par la culasse. Du reste, selon la provenance ou les fabricants, le calibre d'un fusil dénommé 16, 12, ..., est susceptible de varier d'environ $0^{mm},5$. Les variations sont encore plus fortes pour les calibres exceptionnels, tels que

(1) Désignons par P le poids en grammes de la sphère de plomb à la densité de 11,35 ayant un diamètre en millimètres égal à d. On aura

$$P = \frac{1}{6}\pi d^3 \times 11,35,$$

d'où l'on tire

$$d = \sqrt[3]{\frac{P}{0,005945}}.$$

les 4, 8, 28, 32, que pour les calibres courants, qui sont le 16 et le 12.

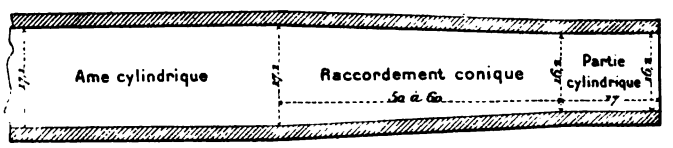
Désignation nominale du calibre		C =	4	8	10	12	14	16	20	24	28	32
Calibre en millimètres de l'âme cylindrique	correspondant exactement au calibre nominal	d =	mm 27,4	mm 21,7	mm 20,2	mm 19,0	mm 18,05	mm 17,3	mm 16,05	mm 15,1	mm 14,35	mm 13,7
	généralement adopté pour les fusils de chasse à bascule	d' =	26,0	21,6	19,8	18,6	17,6	17,1	15,9	15,0	14,2	13,0
Poids de la balle sphérique en plomb correspondant	à $\frac{489^{gr},5}{C}$ et au calibre d		gr 122,4	gr 61,2	gr 49,0	gr 40,8	gr 35,0	gr 30,6	gr 24,5	gr 20,4	gr 17,5	gr 15,3
	au calibre d' des fusils à bascule		104,5	60,0	46,2	38,8	32,4	29,7	23,9	20,1	17,0	13,1

II. — Des canons choke-bored ou à étranglement.

Depuis une dizaine d'années, la plupart des fusils doubles de chasse se chargeant par la culasse sont construits avec le canon gauche et quelques-uns avec les deux canons forés à étranglement ou *choke-bored* suivant l'expression généralement adoptée.

Les canons choke-bored sont organisés de la façon suivante (*fig.* 1) :

Fig. 1.

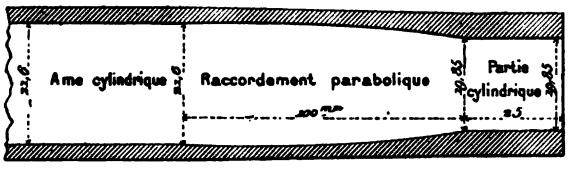


Coupe d'un canon choke-bored calibre 16.

Le canon, cylindrique depuis le raccordement de la chambre jusque près de la bouche, est conifié de $\frac{1}{25}$ à $\frac{1}{15}$ de calibre sur une longueur de 3,5 à 4,5 calibres, puis redevient cylindrique sur une longueur de 1 à 3 calibres.

Nous avons expérimenté des fusils qui donnaient un très bon tir et dont la partie étranglée affectait la forme parabolique repré-

Fig. 2.



Coupe d'un canon choke-bored calibre 8.

sentée *fig.* 2. Dans les *fig.* 1 et 2 nous avons exagéré l'*étranglement* pour mieux en faire saisir le profil.

La différence de diamètre entre l'âme cylindrique et la partie étranglée, différence que nous appellerons l'*étranglement,* variait à peu près entre les limites ci-après dans les fusils que nous avons eus entre les mains et qui donnaient un tir serré :

Calibre du fusil.	Étranglement faible.	Étranglement fort.
	mm	mm
16	0,5	1,0
12	0,6	1,2
10	0,9	1,4
8	1,1	1,7

Le passage des plombs dans l'étranglement fatigue d'autant plus le métal du canon que l'étranglement est plus prononcé, le raccordement plus raide, la vitesse plus forte et le plomb plus dur. Au delà d'une certaine limite le passage de la charge peut faire gonfler le canon à hauteur de la partie étranglée.

Les raccordements raides et les étranglements un peu forts ne doivent être employés qu'avec des canons très étoffés et en acier dur.

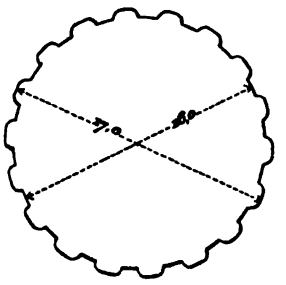
En général, les raccordements raides associés à des étranglements relativement faibles sont préférables aux étranglements forts et à raccordements doux, parce qu'ils déforment moins le plomb. Si les premiers donnent, aux petites distances, des tirs un peu

moins serrés que les seconds, ils les rattrapent plus loin et les dépassent même aux distances supérieures à 40^{m}.

III. — Des canons choke-rifled.

On trouve actuellement dans le commerce des fusils de chasse dits *choke-rifled,* dont le canon porte une vingtaine de rayures droites et parallèles à l'axe du canon (*fig.* 3).

Fig. 3.



Coupe d'un canon choke-rifled dans la partie cylindrique du canon.

Le calibre du canon sur les pleins des rayures est constant dans toute la longueur du canon. Dans la partie du canon qui correspond au raccordement des canons choke-bored, la profondeur des rayures des canons choke-rifled va en diminuant et est réglée de telle sorte que les rayures disparaissent dans la partie cylindrique rétrécie située près de la bouche.

Disons de suite que les fusils choke-rifled sont inférieurs à presque tous les points de vue aux fusils lisses.

IV. — Des étuis.

Depuis que de nouveaux types de poudre ont été adoptés, on fait plusieurs types d'étuis de longueurs différentes. Le type d'étui le plus répandu et le seul qui existât, il y a quelques années, a une longueur de 65^{mm} pour les calibres de 12 à 32. Ce type d'étui convient pour l'emploi des poudres noires à fins grains et de la poudre pyroxylée. Les types d'étuis longs des calibres 12 à 24 que l'on fabrique depuis quelque temps, mais qui sont encore peu répandus, ont des longueurs de 70, 75, 80, 85, 90^{mm}. Le type de 75^{mm} est

parmi les étuis longs celui qui est le plus usité. Sa longueur est suffisante pour l'emploi des poudres les plus lentes et les plus grosses qui sont actuellement en vente dans le commerce intérieur de la France.

Il convient de n'employer dans chaque fusil que les étuis dont la longueur correspond à celle de la chambre.

Il y a dans chaque calibre deux genres d'étuis : les étuis à gros et à petit bourrelet. Il convient de prendre le modèle qui correspond au fusil que l'on a à tirer. Des étuis à gros bourrelet n'entrent pas complètement et empêchent de fermer un fusil chambré pour le petit bourrelet. D'un autre côté les étuis à petit bourrelet peuvent donner des ratés, des franchissements d'extracteur ou encore des ruptures au culot fort désagréables pour le tireur, quand on tire ces étuis à forte charge dans un fusil chambré pour les étuis à gros bourrelet.

Les ruptures au culot, quand elles se produisent, fatiguent beaucoup la fermeture des fusils à bascule et peuvent disjoindre en peu de temps le canon et la culasse d'un bon fusil.

Les ruptures du culot et du corps du carton sont d'autant plus à craindre que la charge est plus forte et la poudre plus vive.

Lorsque la chambre du fusil est graissée ou mouillée, il arrive assez fréquemment, avec les étuis de qualité médiocre, que le corps de carton est rompu circulairement et part avec le plomb. Dans ce cas, les coups de plomb font souvent balle à toutes les distances.

Les étuis de qualité médiocre ou trop fortement chargés pour leur qualité présentent en outre de fréquentes difficultés d'extraction.

On verra plus loin que, tant au point de vue de la vitesse que de la dispersion, il y a avantage à n'employer que des étuis de bonne qualité qui ne se fendent pas longitudinalement.

Signalons à ce sujet que la qualité des étuis est loin d'être toujours en rapport avec leur prix, même pour les produits sortant de chez un même fabricant.

On trouve actuellement dans le commerce des étuis pour cartouches de chasse entièrement métalliques, que les marchands intéressés prétendent pouvoir être rechargés indéfiniment. En réalité, ces étuis demandent à être réfectionnés avec soin et à être remandrinés et lavés après chaque tir. Malgré ces précautions, ils donnent

fréquemment, après le premier tir, des difficultés d'introduction et d'extraction et ils sont loin de pouvoir être réfectionnés indéfiniment.

La rondelle qui soutient le plomb y manque de fixité et laisse souvent celui-ci tomber hors de la cartouche. Les étuis métalliques pour le tir du plomb de chasse ont en somme beaucoup d'inconvénients et sont tout au plus recommandables pour un chasseur qui va en pays peu civilisé et qui veut ne pas se surcharger d'un nombre considérable d'étuis.

V. — Bourres.

La bourre placée sur la poudre a pour but principal d'empêcher les gaz de la poudre de pénétrer au milieu du plomb. Lorsque la bourre remplit mal ce rôle, la dispersion est beaucoup augmentée.

La bourre placée sur la poudre doit également pouvoir enlever les résidus laissés par la poudre à chaque coup. Ce rôle est d'autant plus important que la poudre est plus encrassante. Son importance, à ce point de vue, est plus grande avec la poudre noire qu'avec la poudre pyroxylée.

La bourre qui convient le mieux pour le tir du plomb de chasse doit être en même temps plastique et incompressible, c'est-à-dire être susceptible de se mouler avec facilité sans diminuer de volume. Les bourres en cire et graisse, les bourres de feutre trempées jusqu'à saturation dans un bain de cire et graisse remplissent bien les conditions requises.

La bourre de feutre saturée de cire et graisse est d'un emploi plus commode que la bourre entièrement en cire et graisse. Cette dernière ne se trouve du reste pas dans le commerce. Les bourres grasses que l'on trouve dans le commerce sont graissées d'une façon insuffisante et seulement sur les bords. Il y a avantage à les plonger et à les faire baigner jusqu'à saturation dans un bain de cire et de graisse fondue.

Les bourres en feutre peu ou pas graissées et compressibles sont dans de mauvaises conditions pour le tir. Avec une bourre de cette espèce, la poudre brûle avec moins de vivacité et est moins bien utilisée, ainsi qu'on le verra plus loin, qu'avec une bourre incompressible.

On trouve également dans le commerce des bourres en papier mâché; ces bourres sont compressibles, de plus elles manquent de

plasticité. Ces bourres, ainsi que celles en feutre sec, ont, par rapport aux bourres graissées, l'inconvénient de ne pas nettoyer le canon. Avec des bourres bien graissées on peut tirer du plomb de chasse avec de la poudre noire, sans que le canon s'encrasse d'une façon sensible, quelque prolongé que soit le tir. Avec cette poudre et des bourres en feutre ou en papier non graissées, l'encrassement est rapide et a une influence sensible sur la dispersion et la portée efficace du tir.

VI. — Données diverses relatives aux fusils de chasse et aux cartouches.

		8	10	12	14	16	20	24	28	32
Calibre (en balles à la livre).....										
Canon	diamètre de l'âme cylindrique.....	mm 21,6	mm 19,8	mm 18,6	mm 17,6	mm 17,1	mm 15,9	mm 15,0	mm 14,2	mm 13,0
	longueur totale généralement usitée.....	820	765	760	760	760	730	700	680	680
Chambre	longueur ordinaire.....	100	80	65	65	65	65	65	65	65
	diamètre.....	23,9	21,5	20,5	19,5	19	17,5	16,5	15,7	14,5
Étui de la cartouche	longueur totale de la douille ordinaire.....	100	80	65	65	65	65	65	65	65
	diamètre extérieur du tube de carton.....	23,10	21,25	20,15	19,25	18,50	17,35	16,35	15,40	14,25
	diamètre intérieur du tube de carton.....	21,2	19,45	18,75	17,85	17,10	15,95	14,95	14,30	12,95
	diamètre du culot près du bourrelet.....	23,3	21,4	20,20	19,4	18,7	17,5	16,5	15,4	14,4
	diamètre du bourrelet { bourr. fort..	25,4	23,5	22,3	21,5	20,8	19,6	18,6	17,5	16,5
	{ bourr. mince.	25,45	23,38	22,28	20,98	20,71	19,04	18,60	17,16	16,15

La longueur du raccordement de la chambre à l'âme du canon varie de 10^{mm} à 50^{mm}. Les dimensions diamétrales des chambres et des étuis peuvent varier, suivant les fabricants, d'environ $0^{mm},2$ ou $0^{mm},3$. Les longueurs varient de plus de 1^{mm}.

VII. — Renseignements sur les poudres de chasse en vente en France.

Les nouvelles poudres noires de chasse qui sont en vente en France comprennent 8 types, qu'il convient de diviser en deux groupes principaux, l'un de poudres de chasse ordinaires, l'autre de poudres de chasse fortes. Dans chaque groupe, les divers types

sont différenciés par la grosseur des grains, ainsi que l'indique le tableau ci-après :

POUDRES DE CHASSE ORDINAIRES.....	n° 0	n° 1	n° 2	n° 3	»
Nombre de grains au gramme.....	800	2500	5000	10000	»
POUDRES DE CHASSE FORTES.....	»	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4
Nombre de grains au gramme.....	»	2500	5000	10000	25000

Il existe également une troisième catégorie de poudres, dites *spéciales*.

On a adopté, en outre, depuis 1882, une poudre pyroxylée qui donne notablement moins de fumée que les poudres noires.

Les prix de vente sont :

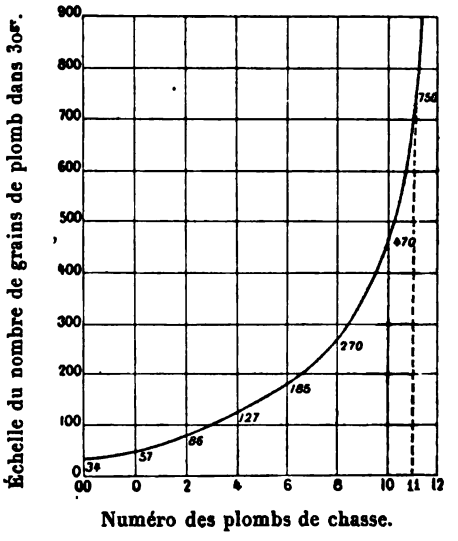
fr					
11,85	par kilogramme	pour les	poudres	de chasse	ordinaires,
15,00	»	»	»	»	fortes,
28,00	»	»	»	»	pyroxylées.

VIII. — Échelle des numéros de plomb.

Les plombs de chasse sont désignés, dans le commerce, par des

Fig. 4.

GRAPHIQUE n° 1. — Nombre de grains des plombs de chasse suivant leur numéro.



numéros conventionnels qui sont d'autant plus grands que le diamètre du grain est plus petit. Il y a de grandes différences entre la grosseur des grains de plomb portant même numéro suivant leur provenance. Aussi, dans ce qui suit, adopterons-nous l'échelle conventionnelle donnée dans le graphique n° 1 (*fig.* 4), afin de définir d'une façon précise les plombs dont il a été fait usage. Les données de ce graphique représentent une moyenne prise sur des plombs de diverses provenances et de fabrication française. Les plombs anglais sont généralement plus petits que les plombs français du même numéro. Ainsi le plomb n° 6 anglais a généralement la même grosseur que le plomb n° 8 français.

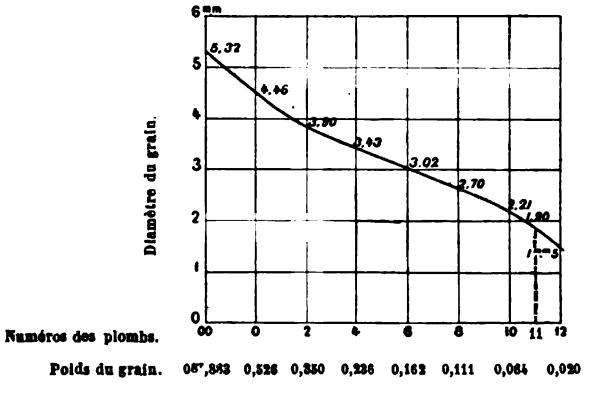
IX. — Poids et diamètre des grains suivant leur numéro.

Les grains de plomb sont rarement exactement sphériques ; leur forme est le plus souvent celle d'un ellipsoïde plus ou moins allongé. La différence entre le petit et le grand axe dépasse souvent $\frac{1}{10}$ du diamètre moyen.

Le graphique n° 2 (*fig.* 5) donne le poids et le diamètre des grains de plomb supposés sphériques et en plomb pur.

Fig. 5.

GRAPHIQUE n° 2. — Diamètre et poids du grain des plombs de chasse suivant leur numéro.



Il serait beaucoup plus rationnel de désigner les plombs de

chasse soit par leur diamètre moyen en millimètres, soit par le poids du grain ou de 100 grains, plutôt que par les numéros conventionnels actuellement usités.

Il serait en tous cas désirable que les fabricants portassent l'une de ces deux indications à côté du numéro conventionnel. On éviterait ainsi la confusion complète qui règne actuellement dans la dénomination des plombs de chasse.

CHAPITRE II.

PHÉNOMÈNES PRÉSENTÉS PAR UNE CHARGE DE PLOMB DE CHASSE PENDANT SON TRAJET DANS LE CANON ET AU MOMENT DE LA SORTIE.

I. — Déformation des grains de plomb.

Avant le tir, une charge de plombs de chasse offre dans sa masse des vides dus à la forme sphérique des grains. Quand la poussée des gaz se produit, l'inertie des grains situés à la partie antérieure a pour résultat d'amener l'écrasement plus ou moins complet des grains situés en arrière.

En s'écrasant, les grains remplissent les vides qui existaient dans leur masse. Chacun d'eux prend alors une forme polyédrique d'autant plus nette que les grains se trouvent plus à l'arrière de la charge, que la pression des gaz est plus énergique et le plomb moins dur.

On peut constater l'écrasement des grains de plomb par plusieurs procédés :

1° En examinant les empreintes faites par une gerbe de plomb sur une cible en toile et papier, bien tendue, ou sur du bois tendre (peuplier, sapin). Dans ce cas, on constate aussi que, quelle que soit la distance de tir, la proportion de grains déformés est notablement plus grande à la périphérie du groupement qu'au centre.

2° En plaçant dans l'intérieur de la cartouche une bande de

papier fort, enroulée sur les bords intérieurs de l'étui, on peut enregistrer la nature de l'écrasement que subit le plomb au moment du départ du coup, comme l'indique la *fig.* 6.

Fig. 6.

3° En sectionnant l'étui à hauteur de la bourre, la portion an-

Fig. 7.

Dessin agrandi de quelques grains de plomb de l'arrière de la charge déformés par la déflagration de la poudre.

térieure de l'étui part avec le plomb et porte également l'empreinte des écrasements subis par le plomb.

Lorsqu'on tire de la grenaille de plomb pur à la vitesse normale, le nombre de grains totalement déformés s'élève de 15 à 20 pour 100, et le nombre des grains plus ou moins déformés à 90 pour 100.

On peut diminuer notablement la déformation des grains de plomb en remplissant les interstices des plombs par une matière pulvérulente et incompressible, telle que du talc, de la fécule, ou en coulant du soufre, de la résine sur la charge de plomb mise en place dans l'étui. Nous verrons, en parlant de la dispersion, quels sont les avantages et les inconvénients de ces procédés de chargement.

Il arrive parfois que l'écrasement produit par le tir ait pour effet de coller deux grains d'une même charge d'une façon assez énergique pour que ces grains restent réunis pendant leur trajet dans l'air. Ces grains présentent alors la forme ci-après (*fig.* 8). On les trouve habituellement dans la proportion de 1 pour 100.

Pendant leur trajet dans le canon, les grains d'une charge de plomb ne roulent pas l'un sur l'autre, ne se séparent pas pour se rejoindre ensuite avec violence, comme on se l'imagine générale-

Fig. 8.

Échelle $\frac{3}{1}$.

ment. La pression sur l'arrière étant continue pendant le trajet dans le canon, les plombs sont continuellement pressés l'un contre l'autre, avec une énergie qui toutefois va en décroissant, de la culasse à la bouche.

II. — Du plomb durci.

On vend actuellement du plomb durci, qui, tant au point de vue de la dispersion que de la portée et de la pénétration, offre une supériorité réelle sur la grenaille ordinaire, fabriquée généralement en plomb pur additionné d'une très faible quantité d'arsenic.

Nous avons constaté qu'une grande quantité des produits que l'on vend en France comme plomb durci ne sont que peu ou même pas du tout durcis.

La différence de dureté entre le plomb bien durci et celui qui ne l'est pas peut être appréciée par la difficulté plus ou moins grande que l'on a à couper ou à écraser un grain de plomb.

La grenaille de plomb est généralement durcie par un alliage à l'étain ou à l'antimoine. Le meilleur plomb durci que nous ayons expérimenté portait la marque : « The Newcastle chilled shot ». Nous avons constaté que ce plomb est durci à l'étain et que sa densité diffère très peu de celle du plomb pur. Sa dureté nous a paru plus grande que ne le comporte sa teneur en étain. Ce supplément de dureté est dû à des procédés spéciaux de fabrication tenus secrets par les fabricants.

Le plomb bien durci se déforme peu dans le canon et, en tous cas, beaucoup moins que la grenaille ordinaire.

Le plomb durci, tiré aux vitesses supérieures à 300^{m}, subit un

genre de déformation spéciale. Les grains situés à la périphérie de la charge dans le canon et qui frottent contre les parois du canon sortent du canon quelques-uns usés sur la moitié de leur diamètre (*fig.* 9).

Fig. 9.

Grains de plomb durci, usés par les parois du canon.

Cette usure se produit même avec des canons ayant un poli parfait. Elle tient à l'échauffement considérable produit par le frottement, échauffement qui arrive à faire fondre les parties frottantes. Lorsque ce fait se produit, on constate l'emplombage du canon.

On peut éviter cet inconvénient en plaçant la charge de plomb dans un tube de papier fort et graissé qui part avec le plomb, ou mieux encore dans un tube métallique très mince, fendu suivant une génératrice et ouvert aux extrémités.

III. — Poids normal de la charge de plomb de chasse.

L'expérience a fait reconnaître que le poids de la charge de plomb de chasse qui donne les meilleurs résultats dans les fusils de chasse de divers calibres est égal au poids de la balle sphérique en plomb du calibre du fusil. Le poids des balles des divers calibres est donné page 240.

Dans ce qui suit, nous considérerons le poids de la charge de plomb, ainsi défini pour chaque calibre, comme étant le *poids normal.*

Ajoutons de suite que des charges de plomb notablement plus faibles que le poids normal donnent une mauvaise utilisation de l'arme et de la poudre, et que des poids notablement plus forts entraînent des déformations exagérées des plombs, donnent une vitesse insuffisante si la charge de poudre n'est pas augmentée en même temps que la charge de plomb, et produisent des pressions que ne peuvent généralement pas supporter les armes de chasse, lorsque le poids de la poudre est augmenté en raison de celui du plomb.

DEUXIÈME PARTIE.

VITESSES.

CHAPITRE PREMIER.

INSTRUMENTS EMPLOYÉS POUR MESURER LA VITESSE DES PLOMBS DE CHASSE.

I. — Pendule balistique.

Dans les poudreries, lors des essais pour la réception des poudres de chasse, on mesure la vitesse initiale de la grenaille de plomb au moyen du pendule balistique. Pour ces tirs, le récepteur est placé à $1^{m},80$ de la bouche du fusil.

Les vitesses initiales calculées par ce procédé sont généralement $\frac{1}{12}$ plus fortes que celles calculées au moyen des chronographes, ainsi qu'il sera expliqué ci-après. Cette différence paraît provenir d'erreurs systématiques du pendule balistique qui, placé très près de la bouche du fusil, se trouve influencé par le souffle des gaz et fréquemment aussi par le choc des bourres, dont le poids dans une cartouche de chasse représente habituellement le $\frac{1}{12}$ du poids du plomb.

II. — Chronographes Le Boulengé.

La vitesse du plomb peut être également mesurée au moyen des chronographes Le Boulengé ou à diapason. C'est au moyen de ces instruments que nous avons exécuté toutes les mesures relatées ci-après.

Au moyen des chronographes, on mesure le temps employé par le plomb à parcourir un certain intervalle compté le plus souvent à partir de la bouche. A cet effet, on dispose le fusil de telle sorte que le plomb, en sortant du canon, coupe un fil de cuivre dans lequel passe un courant électrique. Le coup est dirigé sur une

plaque en fer disposée pour produire une interruption électrique dès que la plaque est frappée par les plombs.

Soit t la durée du trajet correspondant au parcours e; le quotient $\frac{e}{t}$ représente sensiblement la vitesse des plombs au milieu du parcours e quand les vitesses, au début et à la fin du parcours, diffèrent au plus d'une cinquantaine de mètres.

Pour les plombs de grosseur moyenne et les charges communément employées, l'espace e sur lequel se fait le calcul de la vitesse doit être au plus égal à 20^m.

En opérant sur 10^m, comptés à partir de la bouche, le quotient $\frac{10}{t}$ représente la valeur de la vitesse du plomb à 5^m de la bouche. Cette vitesse est désignée par V_5. En opérant sur 20^m, on aurait eu V_{10}, qui différerait très notablement de V_5, en raison de la perte rapide de vitesse des plombs pendant leur trajet dans l'air.

Nous indiquerons plus loin (¹) par quels procédés on peut calculer la vitesse initiale V_0 lorsqu'on connaît la vitesse V_5 ou V_{10}.

On vient de voir que la vitesse du plomb ne peut être déduite directement de la mesure de la durée d'un long parcours. Il y aurait, d'autre part, des inconvénients sérieux à mesurer la vitesse sur un parcours moindre que 10^m. Les mesures de durées de trajet, faites au moyen des chronographes Le Boulengé ou à diapason, sont, en effet, affectées d'erreurs accidentelles dont la valeur moyenne est d'environ $\frac{2}{10000}$ de seconde. L'incertitude relative de la vitesse calculée est donc d'autant plus grande que la durée de trajet est plus courte.

L'expérience nous a fait connaître que l'intervalle e le plus avantageux pour mesurer la vitesse des plombs de chasse de grosseur moyenne animés d'une vitesse de 300^m à 400^m est de 10^m.

En plaçant la plaque interruptrice plus près de la bouche que 10^m, à 5^m par exemple, nous avons constaté que la mesure des vitesses du plomb devient impossible avec des cartouches à charge normale. Dans ce cas, en effet, la plaque réceptrice est actionnée par le souffle de la charge avant de l'être par le plomb.

A toutes les distances, il est du reste bon que la plaque interruptrice ne soit pas trop sensible, sans quoi, lorsque la vitesse

(¹) V^e partie, *Vitesses restantes*.

moyenne du plomb est inférieure à celle du son, ce qui est généralement le cas pour les parcours supérieurs à 20^{m}, on est exposé à enregistrer l'arrivée de l'onde sonore produite par la détonation et à mesurer la vitesse du son au lieu de mesurer celle du plomb.

Pour éviter cet inconvénient, il convient, aux distances inférieures à 30^{m}, d'employer des plaques réceptrices en acier de 1 à 3^{cm} d'épaisseur. On s'est assuré, dans des expériences spéciales, que ces plaques munies de l'appareil à inertie usité à l'École normale de tir signalent instantanément l'arrivée d'un seul grain de plomb pesant 0^{gr},03, animé d'une vitesse de 200 à 300^{m}.

Pour mesurer les durées de trajet des portées supérieures à 30^{m}, il est préférable d'employer de grandes plaques d'acier épaisses de 3 à 5^{mm}. A ces distances, la vitesse des plombs est déjà très réduite et leur choc sur des plaques épaisses pourrait n'être plus suffisant pour faire fonctionner les appareils interrupteurs.

III. — Chronographe Billardon et Dou.

Il existe, dans les poudreries de Sevran-Livry et d'Esquerdes, un appareil dû à MM. les ingénieurs des poudres et salpêtres Billardon et Dou, qui permet de mesurer la vitesse individuelle de chacun des grains de plomb d'une même charge pour une portée quelconque, mais unique pour un coup.

Cet instrument, dont nous n'indiquerons que le principe, est décrit dans le tome I^{er} du *Mémorial des poudres et salpêtres*, p. 138 et suivantes.

Il consiste essentiellement en 2 cibles placées l'une derrière l'autre (*fig.* 10).

La plus grande CM, qui a un rayon de 2^{m}, peut tourner autour de son centre. La plus petite CF, qui a 0^{m},70 de hauteur, est en papier; elle est fixe et placée à 0^{m},20 en avant de la cible mobile. Le tir est dirigé sur le centre de la cible CF, un écran solide arrête les plombs et couvre toute la partie de la cible CM qui n'est pas couverte par la cible fixe CF.

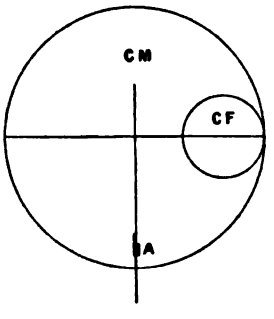
Les plombs, qui ont traversé la cible CF, viennent ensuite frapper la cible CM.

Supposons maintenant qu'un appareil électrique placé en A fasse connaître la position de la cible au moment où la charge coupe un fil de cuivre placé près de la bouche du fusil et que cet

instrument fasse connaître également la vitesse de rotation de la cible mobile.

Après le tir, en superposant les deux cibles, la fixe et la mobile, l'une sur l'autre dans les positions qu'elles avaient au moment du départ du coup et recherchant alors les distances des deux traces

Fig. 10.



d'un même plomb sur les 2 cibles, on a le parcours de la cible mobile pendant le temps que ce plomb a mis à franchir l'espace entre le fusil et les cibles et, par suite, ce temps même si l'on connaît la vitesse de la cible mobile. On peut ainsi mesurer la vitesse de chacun des grains d'un même coup qui ont frappé les deux cibles.

CHAPITRE II.

VITESSES INITIALES.

La vitesse initiale des plombs et des balles lancées par les fusils de chasse est un élément utile à connaître : il permet de déterminer, ainsi qu'il sera expliqué plus loin, l'énergie du recul du fusil et la vitesse restante des projectiles à une portée déterminée ; ce dernier élément permet lui-même d'apprécier la puissance meurtrière de ces projectiles. La connaissance de la vitesse initiale permet donc de déterminer les éléments du tir que le chasseur a le plus d'intérêt à connaître.

Dans ce qui suit, on recherchera quelle est la vitesse fournie par les diverses charges de poudre que l'on peut raisonnablement employer : on déterminera ensuite l'influence des différents éléments de l'arme et de la cartouche sur la vitesse fournie par une même charge de poudre.

I. — Renseignements sur les armes et les munitions employées.

Les armes que nous avons employées pour la mesure des vitesses ont les dimensions suivantes :

FUSIL.	CALIBRE nominal.	CALIBRE DU CANON en millimètres		LONGUEUR totale du canon.
		dans l'âme cylindrique.	dans la partie étranglée.	
Pour la mesure des vitesses et des pressions. Canon épais.....	16	mm 17,0	cylindrique.	mm 762
Spencer à répétition.....	12	18,4	$17^{mm},8$	765
Modèle 1874 transformé en fusil lisse.....	32	12,9	cylindrique.	703

Toutes ces armes sont à percussion centrale.

Pour des raisons qui seront expliquées plus loin, les canons cylindriques ont été, autant que possible, employés pour la mesure des vitesses à l'exclusion des canons choke-bored. Toutefois, on a été forcé de faire les mesures relatives au calibre 12 dans un canon choke-bored; car le seul fusil calibre 12 dont on disposait d'une façon permanente n'a qu'un canon qui est choke-bored. Ces dernières mesures ont été corrigées et ont été ramenées à ce qu'elles auraient été dans un canon cylindrique.

Les étuis étaient à corps de carton, les poudres provenaient de la poudrerie de Sevran-Livry. Les bourres étaient en laine feutrée ; elles avaient été plongées, jusqu'à saturation, dans un bain formé d'un mélange de cire et de graisse. Dans la cartouche, ces bourres étaient comprises entre deux rondelles de carton.

Par-dessus le plomb, on plaçait une rondelle de carton mince et l'on sertissait énergiquement.

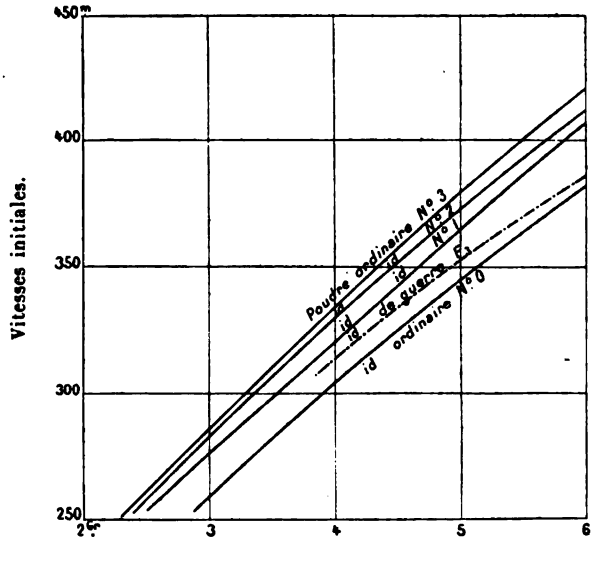
Pour les cartouches à balles, les bourres sur la poudre étaient les mêmes que pour les cartouches à plomb. Sur ces bourres, on plaçait la balle qui était en plomb durci à 5 pour 100 d'antimoine et qui avait un diamètre de $0^{mm},15$ supérieur à celui du canon. Sur la balle, on versait un mélange très chaud de cire et graisse; la cartouche n'était pas sertie.

Toutes les cartouches que nous avons employées aux expériences relatées ci-après avaient eu leur charge pesée à $0^{gr},01$ près et la charge de plomb était pesée au poids indiqué avec une erreur au plus égale à la moitié du poids d'un grain de plomb.

II. — Résultats obtenus.

Fig. 11.

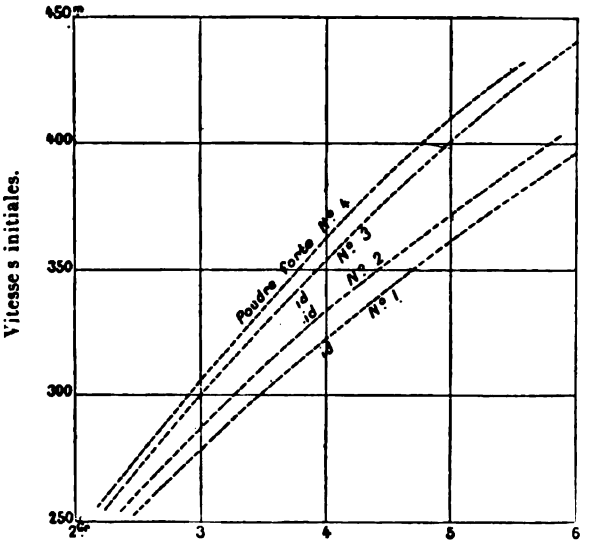
GRAPHIQUE 3. — Calibre 16. Vitesses initiales fournies par des charges diverses de poudres ordinaires, la poudre F_1 et 30^{gr} de plomb.



Poids des charges de poudres.

Fig. 12.

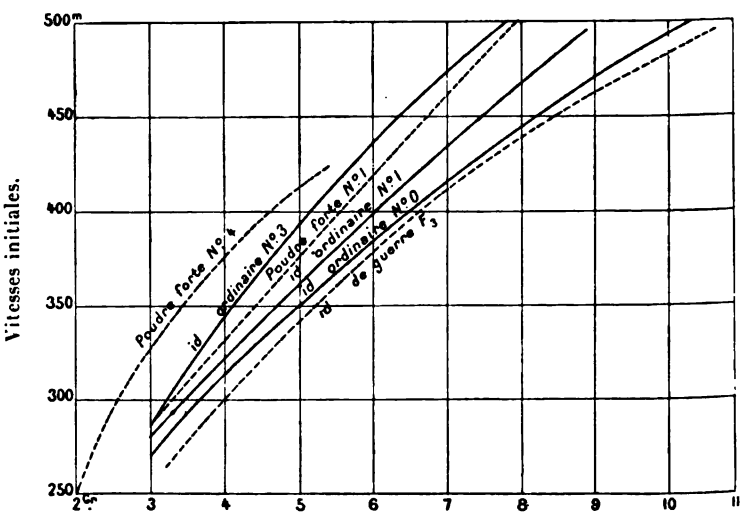
GRAPHIQUE 4. — Calibre 16. Vitesses initiales fournies par des charges de poudres fortes et 30^{gr} de plomb.



Poids des charges de poudres.

Fig. 13.

GRAPHIQUE 5. — Vitesses initiales fournies dans un fusil calibre 16 ($17^{mm},0$) par des charges de poudres diverses avec une balle sphérique de $17^{mm},15$ pesant $29^{gr},8$.



Poids des charges de poudre.

Fig. 14.

GRAPHIQUE 6. — Vitesses initiales fournies dans un fusil calibre 12 par des charges diverses de poudre et 38gr de plomb. (Résultats moins sûrs que ceux du calibre 16).

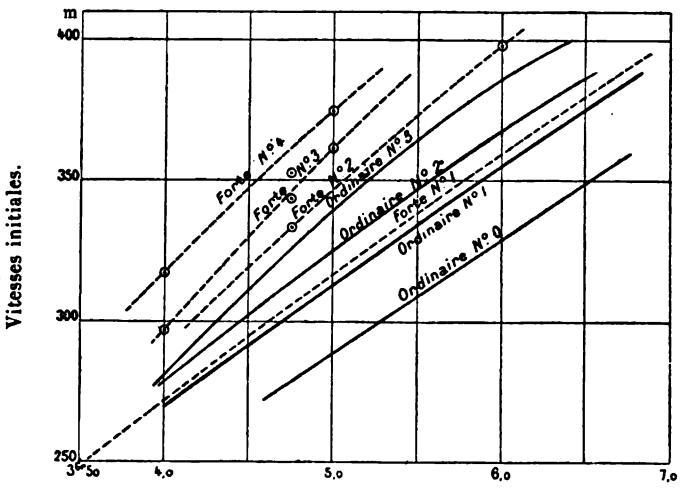
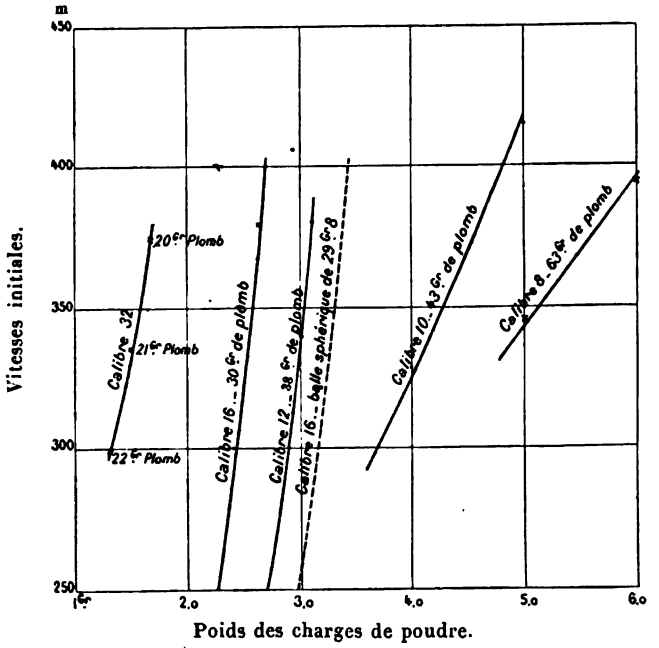


Fig. 15.

GRAPHIQUE 7. — Vitesses initiales fournies par la poudre pyroxylée en hiver.



III. — Observations sur la vitesse des cartouches à plomb.

En moyenne, à charge égale, les poudres ordinaires d'un numéro fournissent, dans le calibre 16, la même vitesse que les poudres fortes qui ont un numéro moindre d'une unité.

La poudre ordinaire 0 est à peu près équivalente aux poudres de guerre F_1 et F_3.

La poudre fine, ancien type, qui a été en vente jusqu'en 1888, fournissait des résultats à peu près équivalents à ceux de la poudre ordinaire n° 1.

La poudre superfine, ancien type, fournissait des résultats intermédiaires entre ceux des poudres fortes n^{os} 2 et 3.

La poudre extrafine, ancien type, fournissait des résultats équivalents à ceux de la poudre forte n° 4.

IV. — Vitesses comparatives des poudres pyroxylées françaises et anglaises.

Nous avons tiré comparativement la poudre pyroxylée française (1) et les poudres pyroxylées anglaises dénommées *sporting powder* et *Schultze gunpowder*.

Voici les résultats obtenus :

CALIBRE du fusil.	CANON.	POUDRE.	PLOMB.	V_0.	ÉCART probable des vitesses.	
		gr	gr	m	m	
16	cylindrique.	2,40 Sporting powder.	30	284	17	Tempér. : 3°
»	»	2,40 Schlutze gun powder.	»	332	26	»
»	»	2,40 Pyroxylée française.	»	287	15	»
12	choke-bored.	2,75 Sporting powder.	32	343	12	Tempér. : 1°
»	»	2,75 Schlutze gun powder.	»	406	16	»
»	»	2,75 Pyroxylée française.	»	361	11	»

(1) Ces essais ont porté sur l'ancien type de poudre pyroxylée (voir ci-dessus, p. 13).

V. — Observation sur la vitesse des balles.

Les balles sphériques en plomb durci, qui se forcent de $0^{mm},1$ environ par excès de calibre, fournissent, pour une même charge de poudre noire, une vitesse initiale qui est, en moyenne, de 10^{m} plus forte que celle d'une charge de grenaille de plomb pesant le même poids.

Cette différence reste constante avec les poudres vives, quel que soit le poids de la charge. Avec les poudres lentes, elle va en diminuant avec le poids de la charge, devient nulle à 6^{gr} et est de sens inverse aux charges de poudre supérieures à 6^{gr}.

La poudre pyroxylée donne des résultats extrêmement irréguliers quand on tire à balles.

VI. — Régularité des vitesses.

Variation de la vitesse d'un lot à l'autre. — Les poudres de chasse sont fabriquées en France par lots offrant une composition et des propriétés identiques dans toutes les parties du lot. Des cartouches chargées identiquement avec des échantillons de poudre d'un même lot fournissent en moyenne la même vitesse. La vitesse des lots de poudre est vérifiée, lors des réceptions, par un tir dans un fusil calibre 16 avec des cartouches chargées à $4^{gr},50$ de poudre noire et 30^{gr} de plomb. Le règlement accorde une tolérance de 10^{m} de vitesse en plus ou en moins sur les vitesses réglementaires (¹).

(¹) A titre de renseignement, nous donnons ci-dessous la vitesse réglementaire qui doit être observée lors des réceptions des lots de poudre.

Fusil calibre 16, $4^{gr},50$ *de poudre,* 30^{gr} *de plomb.*

DÉSIGNATION DES POUDRES.		VITESSES au pendule balistique récepteur à $1^{m},80$ de la bouche.	VITESSES avec chronographe Le Boulengé, plaque à 15^{m}, $V_{7,5}$.
		m	m
Poudres ordinaires.	N° 0.....	350	255
	— 1.....	360	260
	— 2.....	370	265
	— 3.....	380	270
Poudres fortes.....	— 1.....	380	270
	— 2.....	395	275
	— 3.....	410	280
	— 4.....	425	285

Des poudres noires de provenances différentes, ou encore de même provenance, mais de deux lots différents, peuvent donc donner, à charges égales, des vitesses qui diffèrent au maximum de 20^m sur une moyenne de plusieurs coups.

Régularité des vitesses chargées avec une même espèce de poudre de chasse. — Les vitesses initiales fournies par une charge de poudre et du plomb de chasse sont, en moyenne, plus régulières que celles fournies par la même charge de poudre et une balle sphérique en plomb.

Dans les tirs à plomb avec la poudre noire, l'écart probable des vitesses V_5, mesurées sur un parcours de 10^m, au moyen du chronographe Le Boulengé, a été, en moyenne, de $3^m,10$ dans les expériences que nous avons faites.

L'écart réel des vitesses est, en réalité, inférieur à $3^m,1$ et paraît être voisin de 2^m; car dans l'écart de $3^m,1$ sont compris les écarts dus aux erreurs instrumentales du chronographe, erreurs qui ont une influence relativement forte sur une durée aussi courte que celle qui est nécessaire pour parcourir 10^m (1).

La poudre pyroxylée donne avec le plomb de chasse des vitesses beaucoup moins régulières que la poudre noire. L'écart probable des vitesses de la poudre pyroxylée est de 10 à 20^m. Dans une série de 10 coups à plomb, on observe des écarts extrêmes de vitesse de 80^m à 150^m. La vitesse des balles tirées avec cette poudre est encore plus irrégulière que celle du plomb de chasse.

VII. — Vitesses initiales dans les fusils de divers calibres.

Nous avons fait un certain nombre de mesures de vitesse dans des fusils calibre 8, 10 et 32; mais ces mesures n'ont pas été assez nombreuses, ni faites à des charges assez variées, pour nous permettre d'établir pour ces calibres des graphiques aussi complets que ceux qui ont été établis pour les calibres 16 et 12. Nous avons dû nous contenter de rechercher par le calcul, au moyen

(1) Pour une vitesse $V_s = 350^m$, la durée de trajet de 10^m est égale à $0^s,02857$. Une erreur de $\frac{1}{10000}$ de seconde sur la durée de trajet influe d'un peu plus de 1^m sur la valeur de la vitesse V_s calculée.

des résultats obtenus, les relations empiriques qui existent entre les vitesses, le poids des charges de poudre et de plomb et le calibre (1). Nous avons pu ainsi établir des relations qui permettent de déduire des graphiques 3, 4 et 5, relatifs au calibre 16, la vitesse fournie par une charge de poudre quelconque, le poids du plomb étant le poids normal, c'est-à-dire égal au poids de la balle sphérique du calibre et le fusil ayant la longueur habituelle des fusils de chasse.

Désignons par ϖ_1 la charge de poudre nécessaire pour obtenir dans le calibre 16 une vitesse donnée, par ϖ_2 la charge de poudre du même type nécessaire pour obtenir la même vitesse dans un autre calibre, par K un coefficient particulier à chaque calibre et donné dans le tableau ci-après; on aura

$$\varpi_2 = K\varpi_1.$$

Calibre nominal.....	4	8	10	12	16	20	24	28	32
Poids du plomb.....	104gr,5	60gr	46gr,2	38gr,8	30gr	23gr,9	20gr,1	17gr,0	13gr,0
K.....	2,94	1,84	1,47	1,25	1	0,823	0,708	0,607	0,48

Ainsi, si l'on demande le poids de la charge de poudre ordi-

(1) Désignons par ϖ_1 et ϖ_2 le poids des charges de poudre dans un fusil calibre 16 et dans un fusil d'un autre calibre, par p_1 et p_2 le poids des charges de plomb, par c_1 et c_2 les calibres en millimètres. Lorsque les vitesses dans les deux fusils sont égales, nous avons trouvé entre ces divers éléments la relation empirique suivante :

$$\frac{\varpi_2^{\frac{2}{3}}\, c_2^{\frac{1}{3}}}{p_2^{0,38}} = \frac{\varpi_1^{\frac{2}{3}}\, c_1^{\frac{1}{3}}}{p_1^{0,38}};$$

on en déduit

$$\varpi_2 = \varpi_1 \sqrt[\frac{2}{3}]{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,38}\left(\frac{c_1}{c_2}\right)^{\frac{1}{3}}}.$$

Posons

$$K = \sqrt[\frac{2}{3}]{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,38}\left(\frac{c_1}{c_2}\right)^{\frac{1}{3}}}.$$

On a finalement

$$\varpi_2 = K\varpi_1.$$

C'est ainsi qu'a été calculé le tableau ci-dessus.

naire n° 2 nécessaire pour lancer avec un fusil calibre 10, $46^{gr},2$ de plomb à la vitesse de 360^{m}, on cherchera dans le graphique 3 le poids de la charge de poudre nécessaire pour obtenir la même vitesse dans le calibre 16; on trouve ainsi $4^{gr},80$. La charge de poudre nécessaire pour le calibre 10 sera égale au produit de $4^{gr},80$ par le nombre K correspondant au calibre 10, soit 1,47. La charge de poudre devra donc être $1,47 \times 4^{gr},80 = 7^{gr},05$.

De même, si l'on demandait quelle est la vitesse fournie par une charge de 6^{gr} de poudre noire forte n° 1 dans le calibre 12, on diviserait 6 par le nombre K correspondant au calibre 12; le résultat étant $\frac{6}{1,25} = 4,80$, on chercherait dans le graphique 4 la vitesse fournie dans le calibre 16 par $4^{gr},80$ de poudre forte n° 1 : on trouve ainsi 355^{m}. Ce chiffre est également celui de la vitesse que l'on obtiendrait dans le calibre 12 avec 6^{gr} de poudre forte n° 1.

Nous nous sommes assuré par des mesures directes que les chiffres ainsi calculés s'accordaient, aussi bien que possible, avec les valeurs expérimentales.

VIII. — Valeur de la vitesse initiale en fonction du rapport du poids de la charge de plomb à celui de la charge de poudre.

La vitesse initiale que l'on peut obtenir dans les fusils de chasse des divers calibres diffère peu, quel que soit le calibre, lorsque le rapport $\frac{p}{\varpi}$ du poids p du plomb au poids ϖ de la poudre est constant dans les différentes cartouches employées.

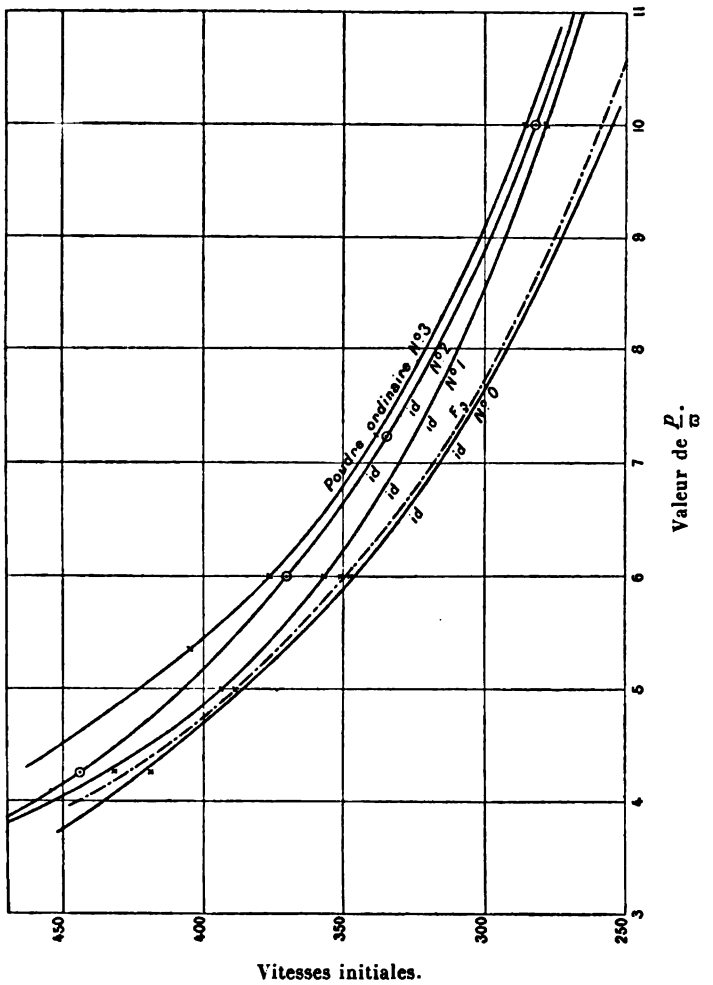
Si donc on connaît la série des vitesses correspondant à $\frac{p}{\varpi}$ pour un calibre quelconque, on pourra en déduire par cela même les vitesses correspondant à d'autres séries de valeurs de $\frac{p}{\varpi}$ employées, soit dans le même calibre, soit dans des calibres différents.

Les graphiques ci-après ont été calculés au moyen des résultats obtenu dans le calibre 16.

Les résultats de vitesse calculés au moyen des graphiques 8 et 9 sont généralement approchés à moins de 10^m près, lorsque les

Fig. 16.

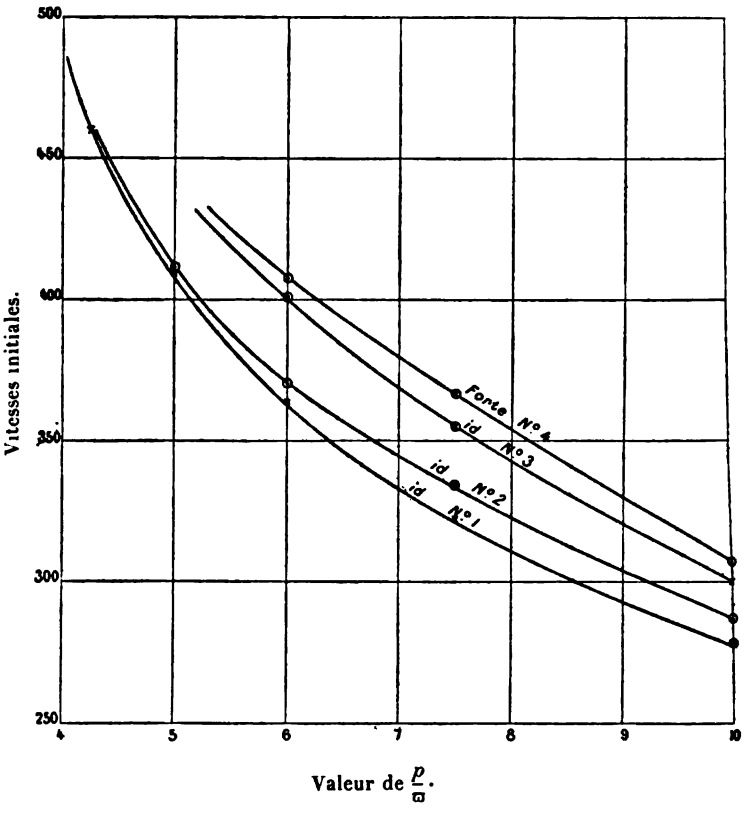
GRAPHIQUE 8. — Valeur initiale en fonction du rapport $\frac{p}{\varpi}$.



valeurs du rapport $\frac{\varpi}{p}$ s'écartent au plus de $\frac{1}{4}$ des valeurs que nous avons considérées comme normales pour le calibre.

Fig. 17.

GRAPHIQUE 9. — Vitesse initiale en fonction du rapport $\frac{p}{\varpi}$.



CHAPITRE III.

VARIATIONS DE LA VITESSE INITIALE PRODUITES PAR DIVERSES CAUSES.

A. — Variations de la vitesse dues a la poudre.

I. — Influence de la température.

Des cartouches, placées dans une caisse ou une cartouchière exposée au soleil, peuvent atteindre, en France, dans des circonstances qui ne sont pas exceptionnelles, une température de 50°. Dans les pays chauds, la température des cartouches peut s'élever, dans les mêmes conditions, à 65°. De l'hiver à l'été, ou d'un pays à l'autre, on peut donc avoir à tirer des cartouches ayant des différences de température de plus de 60°.

Poudre noire. — Il n'a pas été fait d'expériences spéciales avec des cartouches de chasse chargées en poudre noire, dans le but de déterminer l'influence de la température des cartouches sur la vitesse. Toutefois, on sait que cette influence est faible et l'on peut admettre qu'elle est du même ordre de grandeur que celle qui a été observée avec les cartouches pour fusils modèle 1874. Cette variation de la vitesse est d'environ $\frac{1}{100}$ pour une variation de 10° dans la température.

Poudre pyroxylée. — La température de la poudre des cartouches chargées en poudre pyroxylée a une influence notable sur la vitesse.

Pour déterminer l'influence de la température sur la vitesse, nous avons tiré des cartouches dont les unes étaient à la température de 2° et les autres avaient été chauffées dans une étuve à la température de 50°. La chambre du fusil était également portée aux températures indiquées. La température extérieure était de 2°.

Nous avons trouvé ainsi que, pour la poudre pyroxylée française

(ancien type) (¹), la variation de vitesse est d'environ 10^m, pour une variation de 10^o, dans la température de la cartouche et que pour les poudres pyroxylées anglaises Schultze et Sporting, elle est d'environ 7^m.

II. — Influence de l'humidité.

Les poudres de chasse contiennent en moyenne 1,0 pour 100 d'humidité au moment des réceptions. Un accroissement de 1 pour 100 dans la proportion d'humidité fait diminuer la vitesse de $\frac{1}{25}$ environ pour les poudres noires et de $\frac{1}{30}$ pour les poudres pyroxylées.

Des poudres conservées dans des récipients mal clos peuvent absorber, au bout de quelques semaines, jusqu'à 4 ou 5 pour 100 d'humidité. A ce taux d'humidité les poudres noires donnent quelques ratés, les poudres pyroxylées en donnent une très forte proportion; en outre, les quelques coups qui partent ont une vitesse extrêmement irrégulière.

Les cartouches à balle et à étui en laiton laissent absorber à la poudre, beaucoup plus rapidement qu'on ne pourrait se le figurer au premier abord, une quantité notable d'humidité, surtout lorsqu'elles sont soumises à des alternatives de chaleur et de froid.

Les cartouches de chasse, surtout celles à corps de carton, sont beaucoup moins étanches que les cartouches à étui de laiton et à balles; elles absorbent l'humidité encore plus rapidement que ces dernières.

On fera donc bien de ne pas charger des cartouches de chasse pour une période de plus de quelques mois et de les conserver dans un local très sec et dont la température varie le moins possible.

III. — Tassage de la poudre.

Un léger tassage de la poudre accroît la vitesse. Un tassage beaucoup plus énergique ne donne pas sensiblement plus de vitesse qu'un léger tassage. Il faut éviter, en chargeant les cartouches, de frapper sur la poudre avec un mandrin au point d'en écraser les grains. Outre que cette pratique est dangereuse, elle ne peut qu'amener une déperdition de vitesse.

(¹) Voir la note de la p. 260.

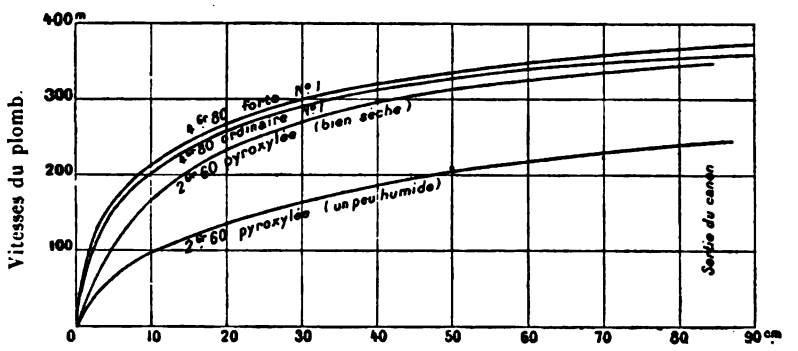
B. Variations de la vitesse dues a l'arme.

I. — Influence de la longueur du canon.

La longueur des canons de fusils de chasse à 2 coups est à peu près uniforme, quels que soient leur provenance et leur calibre. Leur longueur moyenne est $0^{m},75$.

Fig. 18.

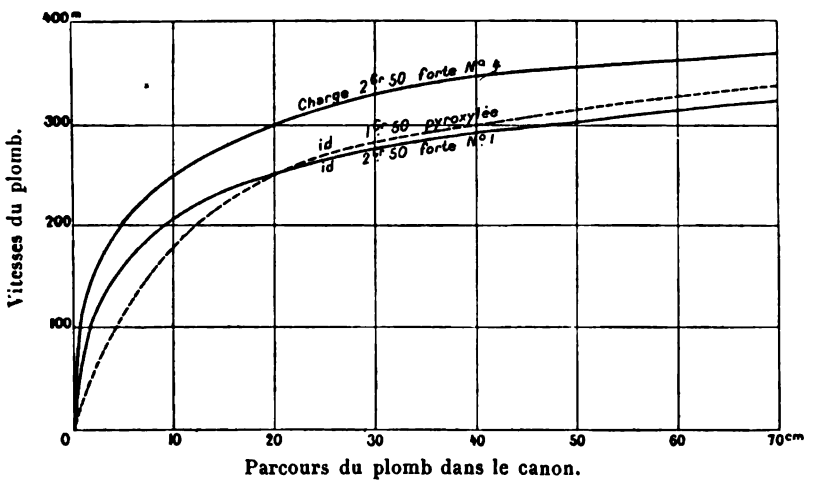
Graphique n° 10. — Vitesses successives du plomb dans un canon calibre 16 ($17^{mm},0$) choke-bored. Poids du plomb 30^{gr}.



Parcours du plomb dans le canon.

Fig. 19.

Graphique n° 11. — Vitesses successives du projectile dans un canon calibre 32 ($12^{mm},9$). Poids du plomb 21^{gr}.



Parcours du plomb dans le canon.

Nous avons déterminé la loi de la variation des vitesses du projectile dans l'intérieur d'un fusil de chasse au moyen du vélocimètre (*fig.* 18 et 19).

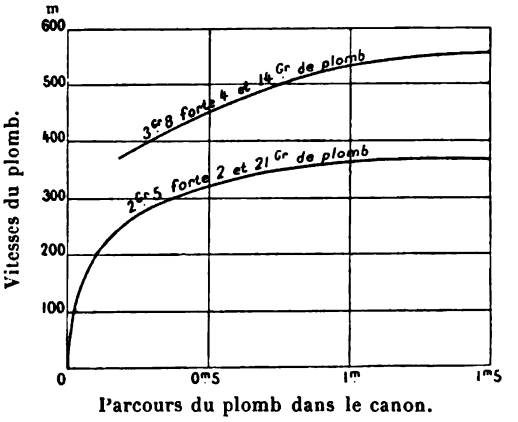
Les tirs ont été effectués dans des canons calibre 16 et calibre 32, le premier étranglé à la bouche de $1^{mm},4$, le second cylindrique.

On déduit de ces graphiques que, dans les limites pratiques où varie la longueur des canons, 1^{cm} de diminution dans cette longueur diminue la vitesse de $0^{m},9$ pour le calibre 16, de $0^{m},7$ pour le calibre 32 tirant la poudre noire et de $0^{m},9$ pour ce même calibre tirant la poudre pyroxylée.

Nous avons également exécuté des tirs avec 4 fusils calibre 32, dont la longueur des canons variait du simple au triple. La longueur parcourue par le plomb était, dans le plus court, de $0^{m},490$ et, dans le plus long, de $1^{m},595$. Les résultats de ces tirs sont donnés ci-après :

Fig. 20.

GRAPHIQUE n° 12. — Vitesses successives du plomb dans des canons calibre 32.



Les divers résultats qui viennent d'être donnés font voir qu'avec des canons calibre 16 de 70^{cm} de long, soit 41 calibres, et des canons calibre 32 de 50^{cm}, soit 39 calibres, on réalise une vitesse qui ne diffère pas de plus de $\frac{1}{10}$ de celle qu'on obtiendrait avec des canons beaucoup plus longs et les mêmes espèces de cartouches.

Des canons ayant jusqu'à 100 calibres de long ne procurent, par

rapport aux canons ordinaires, un excès de vitesse de $\frac{1}{6}$ que pour des charges de poudre très fortes et qui dépassent de beaucoup les charges pratiques à employer dans chaque calibre.

En résumé, une longueur de canon de 40 à 45 calibres est suffisante pour utiliser d'une façon satisfaisante les charges que l'on emploie à la chasse dans les fusils de divers calibres. La longueur du canon fixée par cette seule considération devrait être :

Calibre nominal.	Longueur absolue du canon de 42,5 calibres.
	m
32	0,59
24	0,64
20	0,68
16	0,73
12	0,78
10	0,82
8	0,90
4	1,10

II. — Vitesse comparative des canons choke-bored et cylindrique.

Quand on mesure au moyen du chronographe Le Boulengé la vitesse V_5 fournie par une même espèce de cartouches tirées successivement dans un canon choke-bored et dans un canon cylindrique, on observe des vitesses plus fortes avec le canon choke-bored qu'avec le canon cylindrique.

Pour un fusil calibre 16 dont le canon choke-bored a un étranglement de 1^{mm} à la bouche, l'excès de vitesse du canon choke-bored sur le canon cylindrique est de 10^{m} pour une vitesse moyenne de 334^{m}. Ce résultat est indépendant du type de poudre employé.

Nous avons fait de nombreuses expériences dans le but de déterminer à quelle cause doit être attribué cet excès des vitesses *observées au chronographe*. A cet effet, nous avons fait confectionner un fusil calibre 32 ($13^{mm},6$), au bout duquel on pouvait fixer une portion de canon étranglée. La forme de la partie étranglée et la grandeur de l'étranglement ont été variées dans des proportions très considérables; cet étranglement a atteint jusqu'à $5^{mm},6$, soit près de moitié du calibre.

Nous avons constaté ainsi que l'accroissement de vitesse *obser-*

vée au chronographe croît avec la grandeur de l'étranglement et peut atteindre 100^{m} pour une vitesse de 400^{m} fournie par le canon cylindrique, soit un accroissement de $\frac{1}{4}$ produit par l'étranglement.

En mesurant à très petite distance la pénétration des différents grains d'une même espèce de cartouches tirées dans ces divers canons, nous avons constaté que la vitesse initiale de tous les grains d'une même charge, qui est uniforme dans un canon cylindrique, diffère d'autant plus que le canon est plus étranglé.

Dans un canon choke-bored, l'ensemble de la charge se trouve arrêté par l'étranglement. Une partie de la force vive des grains de l'arrière se transmet aux grains de l'avant, qui prennent un excès de vitesse aux dépens de ceux de l'arrière. En raison de l'arrêt produit, la vitesse moyenne de l'ensemble de la charge est un peu plus faible dans un canon choke-bored que dans un canon cylindrique.

Quand on mesure la vitesse au moyen du chronographe, on enregistre l'arrivée des grains les plus rapides. C'est à cette cause qu'est dû l'excès de vitesse observé dans le tir des canons choke-bored au moyen des chronographes.

En mesurant la force vive totale de la charge, on observe au contraire une vitesse moyenne légèrement moindre avec les canons choke-bored qu'avec les canons cylindriques.

Dans les canons choke-bored des armes de chasse, il convient de ne pas exagérer l'étranglement à la bouche; car on diminue ainsi la vitesse moyenne des plombs, en même temps qu'on accroît leurs déformations.

Une pente trop brusque, ou un étranglement trop fort, soumettent le métal du canon à des efforts exagérés et peuvent le faire éclater. Nous avons fait éclater à la partie étranglée un canon calibre 32, en bon acier, qui avait des parois de 1^{cm} d'épaisseur et un étranglement assez brusque de 3^{mm}, en tirant dans ce fusil des cartouches à plomb, donnant 380^{m} de vitesse initiale.

Des étranglements supérieurs à $\frac{1}{19}$ de calibre, soit 1^{mm} pour le calibre 12, ont plus d'inconvénients que d'avantages pour le tir du plomb de chasse.

C. — Variations de la vitesse dues a l'étui.

I. — Étuis métalliques.

Nous avons tiré comparativement, dans le même canon, des étuis

entièrement métalliques et des étuis à corps de carton. Le plomb des premiers était maintenu par une bourre en liège fortement serrée, le plomb des secondes était maintenu par un sertissage sur une rondelle de carton.

Calibre 16. *Charge* 4^{gr} *de poudre forte n°* 2, 30^{gr} *de plomb n°* 2.

	Vitesse initiale.
Étuis métalliques.....	345^{m}
» à corps de carton.....	357
Différence.....	12

Pour obtenir la même vitesse avec les étuis métalliques du calibre 16 qu'avec les étuis à corps de carton, il aurait fallu ajouter 0^{gr},2 de poudre dans les premiers.

II. — Ruptures des étuis de carton.

Quand un étui en carton se fend longitudinalement, une partie des gaz de la poudre peut, en suivant la fissure, se porter en avant de la bourre dans les plombs; dans ce cas on constate que la vitesse est beaucoup moindre qu'avec un étui non rompu.

La perte de vitesse due à la rupture du corps de carton d'étuis sans renforts métalliques intérieurs est, en moyenne, de 50^{m}, et elle peut atteindre 100^{m}. Avec des étuis à renforts métalliques intérieurs la perte de vitesse atteint, en moyenne, une trentaine de mètres.

En général, la perte de vitesse est moindre avec des bourres épaisses et bien plastiques qu'avec des bourres minces et peu plastiques.

La rupture du culot en laiton d'un étui à corps de carton entraîne une perte de vitesse d'environ 20 à 30^{m}. Cette perte varie du reste avec l'importance de la fuite de gaz.

III. — Influence de l'amorce.

La force de l'amorce n'a pas d'influence sensible sur la vitesse fournie par les poudres noires et pyroxylées. Une amorce trop faible peut donner lieu à des ratés et à des longs feux, surtout avec la poudre pyroxylée. Cette dernière poudre exige pour son inflam-

mation des amorces plus fortes que celles nécessaires pour la poudre noire, surtout lorsqu'il fait froid et lorsque son taux d'humidité dépasse 2 pour 100.

On doit éviter les amorces qui contiennent du chlorate de potasse; ces amorces font rouiller rapidement les armes.

IV. — Influence du sertissage.

Il y a avantage, au point de vue de la vitesse, à sertir fortement les cartouches à plomb. Des cartouches en poudre noire bien serties ont une vitesse d'une dizaine de mètres supérieure à celle des cartouches non serties.

L'influence du sertissage est encore plus forte avec la poudre pyroxylée.

V. — Cartouches sectionnées.

Avec des étuis de qualité médiocre et une chambre graissée, il arrive parfois que le corps de carton part avec le plomb; ces coups font souvent balle, mais aussi fournissent quelquefois un tir extraordinairement serré à des distances assez fortes. Ces faits sont assez connus, et des chasseurs ont souvent eu l'idée de sectionner circulairement leurs étuis à hauteur de la bourre, de façon à assurer la rupture de l'étui et à obtenir un tir serré à longue portée.

Nous avons constaté que les cartouches sectionnées ont une vitesse initiale moindre d'une dizaine de mètres que celle des cartouches non sectionnées, lorsqu'on les tire dans un canon cylindrique. La différence atteint 20 à 40^{m} lorsqu'on les tire dans un canon choke-bored.

D. — Variation de la vitesse due a la bourre placée sur la poudre.

La bourre a une influence très considérable sur la vitesse du plomb de chasse. Quand la bourre est mince et n'est pas plastique, elle laisse passer une partie des gaz dans le plomb; dans ce cas, la vitesse est relativement faible. Lorsque la bourre est élastique, la poudre brûle avec moins de vivacité qu'avec une bourre dure, et la vitesse est moindre dans le premier cas que dans le second. Toutes autres choses égales d'ailleurs, les plus fortes vitesses sont obtenues

avec une bourre dure, mais plastique; telles sont la bourre en cire et graisse et la bourre en feutre saturée de cire ou de graisse.

Voici quelques-uns des résultats obtenus par nous dans des conditions aussi comparables que possible.

Fusil calibre 16. *Canon choke-bored,* 4^{gr} *de poudre superfine ancien type.* 30^{gr} *de plomb n°* 2. — *Sertissage.*

BOURRE.	VITESSE initiale V_0.
	m
2 rondelles de carton lustré de $0^{mm},8$ d'épaisseur chacune.....	317
1 bourre de feutre élastique non graissée.....	306
Même bourre que ci-dessus saturée de cire et graisse.....	378
Même bourre graissée que ci-dessus comprise entre 2 rondelles de carton lustré de $0^{mm},8$ d'épaisseur.....	370
Bourre formée d'une pastille de cire et graisse de 7^{mm} d'épaisseur comprise entre 2 rondelles de carton lustré de $0^{mm},8$ d'épaisseur.....	387

On voit, en résumé, qu'entre deux espèces de cartouches ayant même chargement, mais dont l'une a une bourre élastique en feutre et l'autre une bourre en cire et graisse, il y a une différence de vitesse de 81^{m}.

Les culots de carton ou de laiton n'ont pas d'influence sur la vitesse avec une bourre bien obturatrice.

E. — Influence de la charge de plomb.

I. — Influence de la grosseur des grains de plomb.

La grosseur des grains de plomb n'a pas d'influence sensible sur la vitesse initiale V_0; mais, quand on mesure au chronographe les vitesses V_5, par exemple, avec des cartouches identiques, ne différant que par la grosseur des grains, on observe des vitesses d'autant plus faibles que le plomb est plus petit. Ce fait tient à ce que le plomb perd d'autant plus de vitesse pendant son trajet dans l'air qu'il est plus petit. Si, au lieu de mesurer V_5, on avait mesuré V_{10}, la différence de vitesse aurait été encore plus forte.

II. — Influence du poids de la charge de plomb.

Nous avons fait, dans des fusils calibre 8, 10, 12 et 16, des tirs avec une même charge de poudre et des charges variables de plomb. Les résultats de ces tirs sont reportés dans les graphiques 13, 14, 15, 16 et 17 (*fig.* 20 à 25).

Fig. 21.

Fusils calibre 8 et calibre 10.

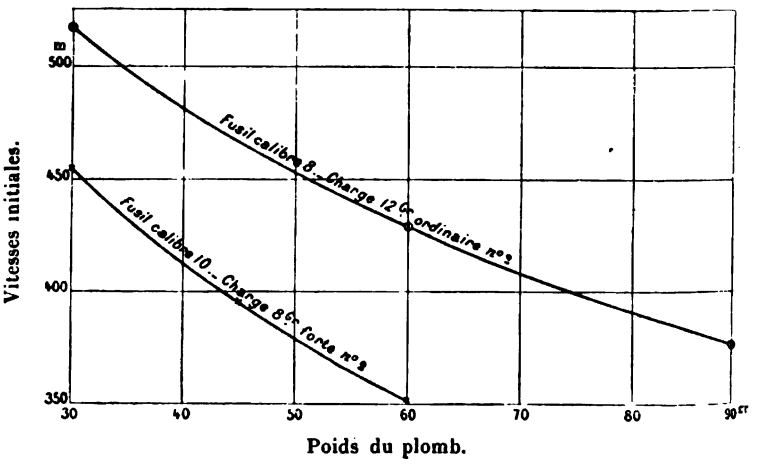


Fig. 22.

Fusil calibre 12.

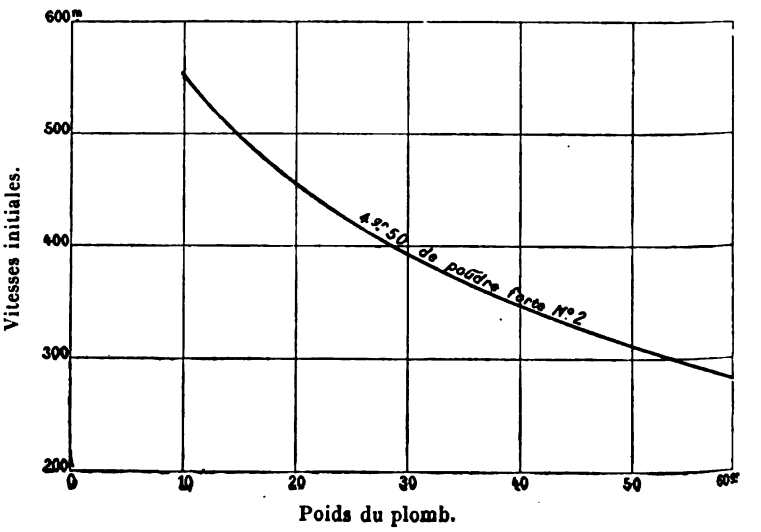


Fig. 23.

Fusil calibre 16.

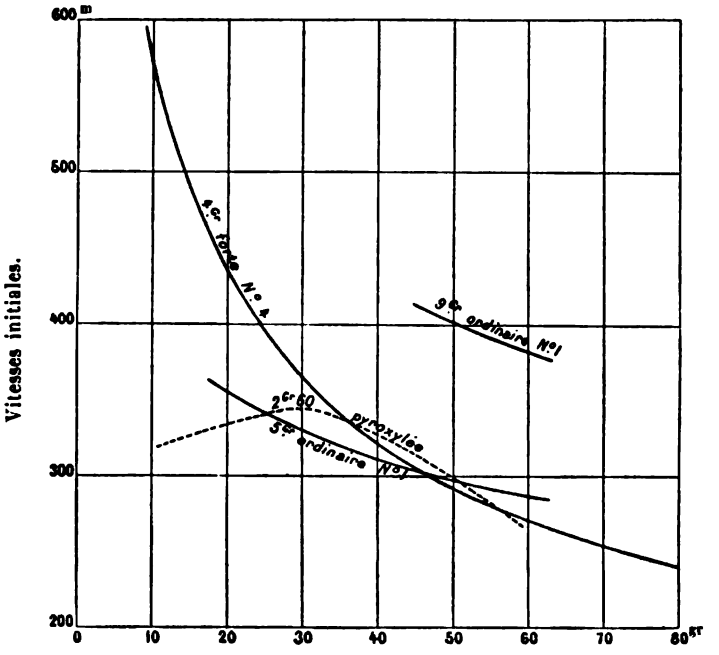


Fig. 24.

Calibre 16 (17mm,0). Tirant une ou plusieurs balles avec 4gr de poudre forte n° 4.

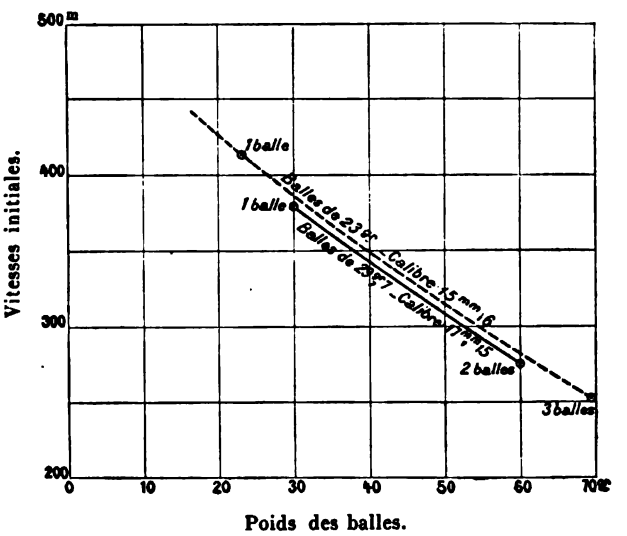
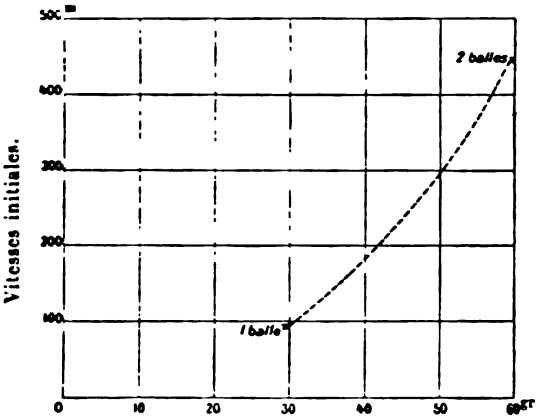


Fig. 25.

Fusil calibre 16 tirant une ou deux balles avec 2gr,60 de poudre pyroxylée.



On remarquera que, tandis que la vitesse diminue toujours avec le poids du plomb quand on tire avec la poudre noire, elle augmente jusqu'à une certaine limite avec la poudre pyroxylée et diminue ensuite.

Quand on tire à balles avec la poudre pyroxylée, la vitesse est $\frac{1}{4}$ fois plus forte avec deux balles qu'avec une. Ce fait tient à ce que les résistances augmentent beaucoup la vitesse de combustion de la poudre pyroxylée et développent sa puissance.

Les expériences relatées ci-dessus permettent de trouver la loi générale qui lie la variation de vitesse à la variation du poids du plomb lorsqu'on tire de la *poudre noire* (1).

Les résultats pratiques en sont donnés ci-après :

Calibres.....	4	8	10	12	16	20	24	28	32
Poids normal du plomb.	104gr,5	60gr	46gr,2	38gr,8	30gr	23gr,9	20gr,1	17gr,0	13gr
Variation de la vitesse produite par une variation de 1gr dans le poids normal du plomb pour une vitesse moyenne de 360m	1m,31	2m,28	2m,96	3m,53	4m,55	5m,7	6m,8	8m,04	10m,5

(1) La variation ΔV produite dans la vitesse V par une variation Δp du poids de la charge de plomb p peut se calculer par la formule empirique suivante, dé-

Ces résultats ne s'appliquent nullement au cas du tir de la poudre pyroxylée.

CHAPITRE IV.

VITESSE INDIVIDUELLE DES GRAINS DE PLOMB.

Tous les plombs d'une charge sortent d'un canon cylindrique avec la même vitesse initiale; mais, comme ils n'ont en général ni le même poids, ni le même diamètre, ni les mêmes déformations, ils subissent, pendant leur trajet dans l'air, des pertes de vitesse inégales.

Nous avons vu précédemment que le chronographe de MM. Billardon et Dou permet de mesurer la vitesse individuelle des différents plombs d'une même charge à une distance quelconque de la bouche.

Des mesures de cette nature, faites à la poudrerie de Sevran-Livry, ont fait constater que les différents grains d'une charge de plomb n° 6, tirée à la charge de $4^{gr},50$ de poudre noire ou de $2^{gr},40$ de poudre pyroxylée, dans un fusil calibre 16 cylindrique, ont, à 30^{m} de la bouche du fusil, des vitesses moyennes de 266^{m}. L'écart moyen des vitesses des différents grains d'une même charge est de $8^{m},50$ et les écarts extrêmes s'élèvent à 30 ou 40^{m}. Ces écarts vont en croissant rapidement avec la portée.

---

duite des expériences qui viennent d'être relatées

(1) $$\frac{\Delta V}{V} = 0{,}38\,\frac{\Delta p}{p}.$$

Si l'on désigne par p_1 le poids total du plomb et des bourres, l'expérience donne

(2) $$\frac{\Delta V}{V} = 0{,}42\,\frac{\Delta p_1}{p_1}.$$

Les formules (1) et (2) permettent de calculer assez exactement la variation d'une vitesse quelconque lorsque Δp ne dépasse pas $\frac{p}{4}$. Pour des variations de Δp plus considérables, les résultats calculés ne sont plus qu'approximatifs.

Il est facile de constater, à l'oreille, l'arrivée successive des grains de plomb d'un même coup en se plaçant derrière un abri vertical sur lequel le tir est dirigé à une portée supérieure à 50^{m}.

A la portée extrême, sous l'angle de tir de 32°, les plombs d'un même coup arrivent successivement pendant une durée supérieure à 1 seconde. Dans ce cas, la durée de trajet totale est de 8 secondes en moyenne pour le plomb n° 2.

TROISIÈME PARTIE.

PRESSIONS.

CHAPITRE PREMIER.

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX.

I. — But de l'étude.

Au point de vue de la sécurité personnelle des tireurs, il est utile de connaître les charges limites de poudre des diverses espèces et les charges de plomb correspondantes que l'on peut tirer dans les armes de chasse sans risquer de les faire éclater ou même simplement de les disjoindre par une pression trop élevée.

II. — Procédés de mesure.

Les pressions maximums dans les armes de chasse du calibre 16 ont été déterminées par nous au moyen d'un appareil à écrasement du type de ceux qui sont actuellement réglementaires en France pour la mesure des pressions dans les armes portatives. La cartouche préalablement percée d'un petit trou à hauteur de la poudre est introduite dans la chambre d'un fusil spécialement disposé pour cet emploi. Au moment du départ du coup, les gaz de la poudre exercent leur pression sur un petit piston qui a 20^{mmq} de section, et viennent écraser un cylindre de cuivre de dimensions parfaitement déterminées et fabriqué spécialement pour cet usage. Une table de tarage permet de trouver la pression maximum correspondant à un écrasement déterminé. La pression ainsi mesurée est obtenue avec une approximation d'environ $\frac{1}{30}$.

Nous avons également déterminé la loi complète du développement des pressions dans les armes des calibres 16 et 32 en nous servant du vélocimètre Sebert. Cet instrument enregistre la loi du

recul d'une arme et permet d'en déduire la loi du développement des pressions pendant tout le parcours du projectile dans le canon.

Les pressions sont estimées dans ce qui suit en kilogrammes par centimètre carré : 1^{kg} par centimètre carré équivaut sensiblement à 1 atmosphère.

CHAPITRE II.

TIRS D'ÉPREUVE.

Pour pouvoir fixer les limites de pression qu'il est prudent de ne pas dépasser couramment dans les armes de chasse, il faut évidemment connaître la pression à laquelle ces armes ont été éprouvées.

Dans ce but, nous avons mesuré la pression développée dans les épreuves officielles que subissent les fusils de chasse, tant en France qu'en Angleterre, avant d'être poinçonnés et livrés au commerce.

I. — Conditions dans lesquelles se font en France les épreuves des armes de chasse.

Les conditions d'épreuves des armes de chasse nous ont été communiquées par le directeur du banc d'épreuves de Saint-Étienne.

Ces épreuves comprennent :

1° L'épreuve du canon complètement fini, mais non monté sur sa fermeture. Pour cette épreuve, le canon est muni d'une fausse culasse à lumière.

2° L'épreuve du fusil fini et monté sur sa propre fermeture.

Le règlement prescrit que l'on emploiera la poudre de chasse fine (ancien type) et le plomb n° 8. Le directeur du banc d'épreuves ne nous ayant pas fait connaître quel est le numéro des poudres nouveaux types qui est actuellement employé, nous avons fait les

tirs d'épreuves relatés ci-après avec la poudre ordinaire n° 1, qui est celle qui se rapproche le plus de la poudre fine ancien type.

Ayant constaté dans des expériences spéciales que la grosseur de la grenaille de plomb peut varier dans des limites considérables (du n° 2 au n° 11), sans que la pression fournie par une même charge de poudre et de plomb varie d'une façon sensible, nous avons fait la plupart des tirs d'épreuve avec du plomb n° 2 et quelques-uns avec du plomb n° 11.

II. — Épreuves du canon en France.

D'après le règlement, l'épreuve du canon des divers calibres se fait en tirant un seul coup aux charges ci-après :

CALIBRES EN MILLIMÈTRES.	CALIBRE suivant la désignation usuelle.	CHARGE	
		de poudre fine.	de plomb n° 8.
mm mm		gr	gr
12,6 à 13,4	32	7,0	30
13,6 14,4	28	7,5	35
14,6 15,4	24	8,0	40
15,6 16,4	20	8,5	45
16,6 17,4	16	9,0	50
17,6 18,4	14 et 12	10,0	60
18,6 19,4	12	11,0	70
19,6 20,4	10	12,5	85
20,6 21,4		14,0	100
21,6 22,4	8	16	120

Nous avons mesuré la pression fournie par l'épreuve des canons du calibre 16. Nous avons trouvé que le tir d'épreuve donnait une pression de 1100^{kg} par centimètre carré. Nos tirs se faisant avec cartouche, tandis que les tirs d'épreuve se font avec une culasse à lumière, les pressions que nous avons enregistrées sont un peu supérieures aux pressions réelles des tirs d'épreuve.

Faute d'armes appropriées, nous n'avons pas mesuré la pression d'épreuve des canons de calibre autre que le 16, mais, à défaut d'expériences directes, nous avons calculé ces pressions en prenant pour base les expériences faites dans le calibre 16 (1).

(1) Désignons par P la pression en kilogrammes développée dans une arme du

Pressions d'épreuve des canons.

Calibre nominal.	32	28	24	20	16	14	12	10	10	8	4
Calibre en millimètres.....	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	26
Press. d'épreuve en kilogrammes par centimètre carré..	1345	1270	1200	1135	1090	1090	1090	1140	1175	1230	1480

III. — Pressions d'épreuve des fusils terminés. (Épreuves françaises.)

Les fusils terminés subissent les tirs, dans chaque canon, d'une cartouche d'épreuve contenant les charges données dans le tableau ci-dessous :

CALIBRES.	CHARGES. Poudre.	CHARGES. Plomb.	CALIBRES.	CHARGES. Poudre.	CHARGES. Plomb.	CALIBRES.	CHARGES. Poudre	CHARGES. Plomb.
	gr	gr		gr	gr		gr	gr
32.....	2,5	25		5	30		6,5	45
			16.....	5	40		6,5	55
28.....	3,0	30		5	55	12.....	6,5	60
				5	60		6,5	65
				5,5	40		6,5	50
24.....	3,5	35	14.....	5,5	50	10.....	7,5	75
				5,5	65		8,5	85
	4,5	30					9	65
20.....	4,5	40				8.....	10	75
	4,5	50					11	110

calibre C millimètres par une charge de ϖ grammes de poudre et une charge de p grammes de plomb, on a, entre ces quantités, la relation suivante

$$P = 22540 \frac{\varpi^{\frac{3}{4}} p^{\frac{1}{4}}}{C^2}.$$

Le coefficient 22 540 résulte des expériences faites dans le calibre 16.

C'est au moyen de cette formule qu'ont été calculées les pressions d'épreuves des armes des divers calibres donnés dans le tableau ci-dessus.

Nous avons mesuré les pressions d'épreuve des fusils terminés du calibre 16.

Les résultats obtenus sont donnés ci-après :

POUDRE.	PLOMB.	NOMBRE des coups tirés.	PRESSIONS par centimètre carré.	OBSERVATIONS
5 gr ordinaire n° 1.	30 gr plomb n° 2.	5	490 kg	Une bourre de feutre graissée sur la poudre et une autre sur le plomb.
5 —	40 —	5	580	
5 —	55 —	5	710	
5 —	60 —	5	695	
5 —	60 plomb n° 1½.	5	710	

Pour les raisons qui ont déjà été énoncées, nous n'avons pas mesuré la pression d'épreuve des fusils terminés de calibre autre que le 16.

A défaut d'expérience, nous avons déterminé cette pression par le calcul en suivant la méthode indiquée précédemment et en prenant, comme base, les chiffres obtenus pour le calibre 16.

Les résultats de ces calculs sont donnés dans le tableau ci-après :

Pressions d'épreuve des fusils terminés.

Calibre nominal...	32	28	24	20	16	12	10	8
Calibre en millimètres.....	13	14,2	15	15,9	17,1	18,6	19,8	21,6
Charge de poudre en grammes..	2,5	3	3,5	4,5	5	6.5	8,5	11
Charge de plomb en grammes...	25	30	35	50	60	65	85	110
Pressions en kilogrammes par centimètre carré.....	595	600	640	730	710	750	870	930

IV. — Conditions des épreuves en Angleterre.

Les armes de chasse anglaises sont relativement assez répandues en France : aussi était-il bon de connaître les épreuves auxquelles ces armes sont soumises.

L'épreuve des armes de chasse anglaises comprend, comme en France :

1° *L'épreuve du canon terminé.* — Pour cette épreuve, le canon est muni d'une fausse culasse à lumière dont le diamètre ne

doit pas dépasser $1^{mm},5$. On tire, dans les canons cylindriques du calibre 16, une balle sphérique ayant un calibre de $16^{mm},3$, pesant $25^{gr},8$, avec une charge de $19^{gr},1$ de poudre de guerre à fusil. Dans les canons choke-bored, la balle est remplacée par une charge de plomb n° 6 pesant le même poids que la balle.

2° *L'épreuve du fusil terminée.* — Cette épreuve comprend un tir avec la même balle ou la même charge de plomb que ci-dessus, suivant que le canon est cylindrique ou choke-bored, et avec une charge de 12^{gr} de poudre de guerre à fusil.

Pour les essais que nous avons faits, nous avons pris la poudre F_3, qui est équivalente comme puissance et vivacité à la poudre de guerre à fusil anglaise.

Voici les résultats des mesures que nous avons exécutées :

Fusil calibre 16.

POUDRE de guerre française F_3.	PROJECTILE. Poids.	PROJECTILE. Nature.	NOMBRE de coups tirés.	V_0.	PRESSION par centimètre carré.
		Épreuve du canon.			
gr	gr			m	kg
19.....	25,8	Plomb n° 2.	3	677	1150
19.....	25,8	Balle sphérique.	5	656	990
		Épreuve du fusil.			
12.....	25,8	Plomb n° 2.	3	584	850
12.....	25,8	Balle sphérique.	5	541	625

En résumé, les épreuves anglaises, faites avec beaucoup de poudre et peu de plomb, sont à peu près équivalentes comme pression aux épreuves françaises faites avec relativement peu de poudre et beaucoup de plomb.

Les épreuves des armes de chasse fabriquées à Liège sont, à peu de chose près, les mêmes que celles des armes fabriquées en Angleterre; mais nous ignorons quel est le type de poudre que l'on emploie pour les épreuves faites en Belgique.

CHAPITRE III.

PRESSIONS FOURNIES PAR LES DIFFÉRENTES POUDRES DANS LES FUSILS DU CALIBRE 16.

I. — Résultats obtenus.

Les graphiques 18, 19, 20, 21 et 22 (*fig.* 26 à 30) indiquent les pressions et les vitesses fournies par les différentes charges des poudres qui peuvent être employées à la chasse, tant pour le tir à plomb que pour le tir à balles.

Fig. 26.

GRAPHIQUE n° 18, calibre 16. — Pressions en fonction des vitesses initiales fournies par les poudres ordinaires et la poudre F_3. (ϖ indique le poids de la charge de poudre.)

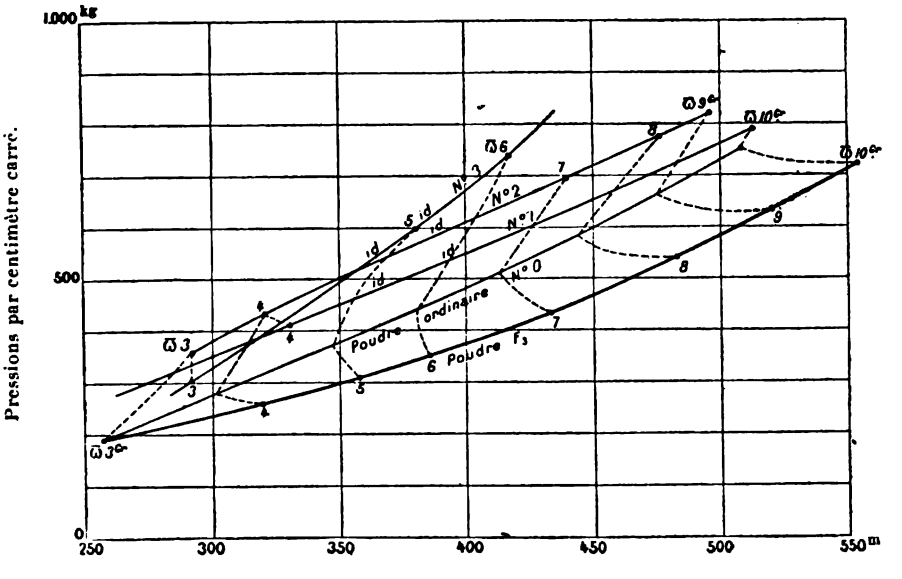


Fig. 27.

GRAPHIQUE n° 19, calibre 16. — Pressions en fonction des vitesses initiales fournies par les poudres fortes et la poudre pyroxylée avec 30gr de plomb. (ϖ indique le poids de la charge de poudre.)

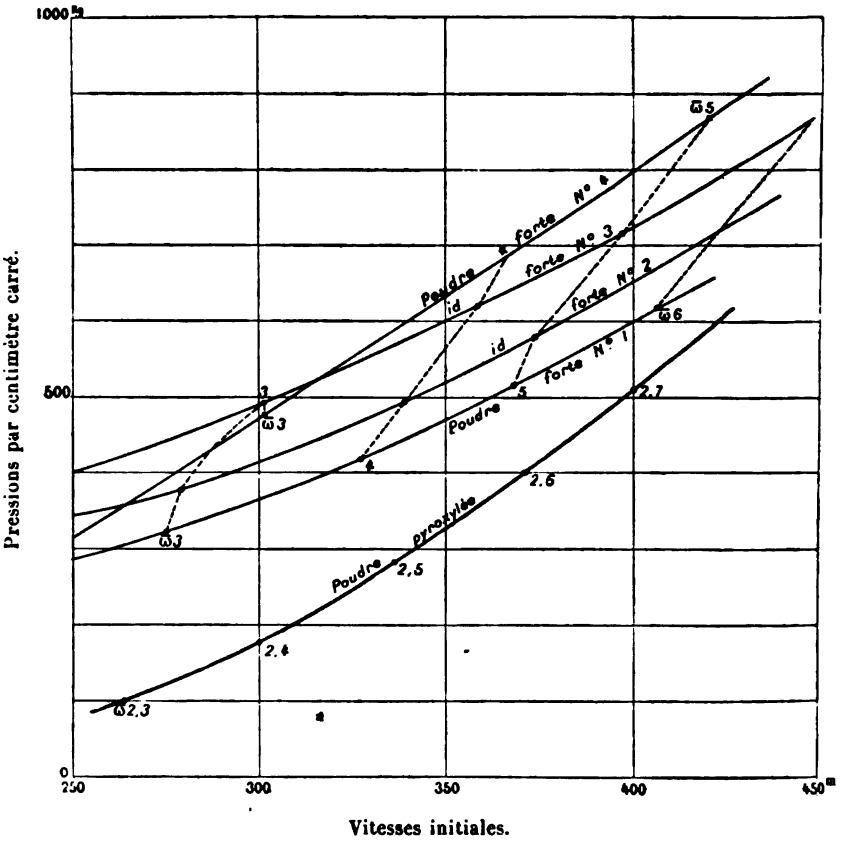


Fig. 28.

GRAPHIQUE n° 20, calibre 16 (17mm,0). — Vitesses initiales et pressions fournies par les diverses espèces de poudre avec la balle sphérique de 29gr,8, et de 17mm,15 en plomb durci. (ϖ indique le poids de la charge de poudre.)

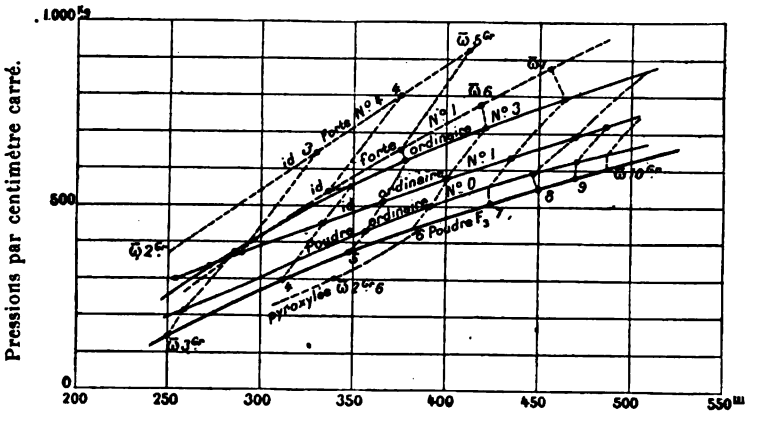


Fig. 29.

GRAPHIQUE n° 21. Calibre 16, 30gr de plomb n° 2, poudres ordinaires. — Pressions en fonction du poids des charges.

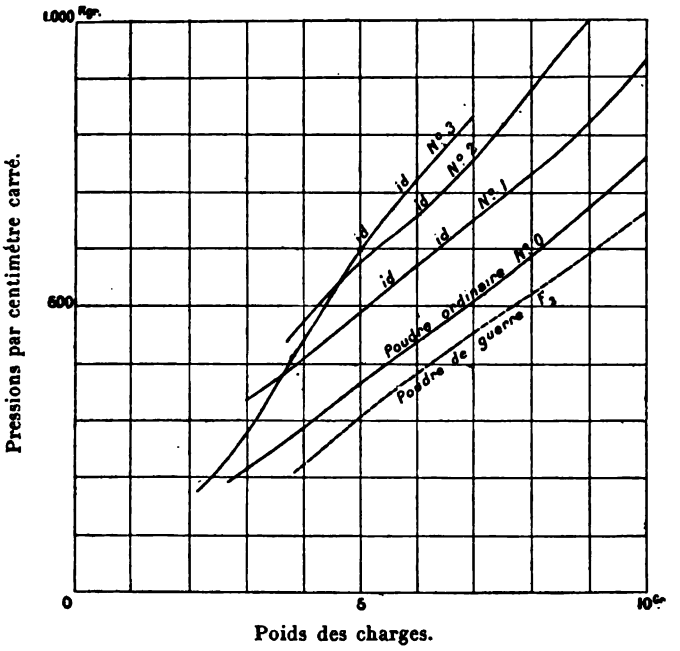
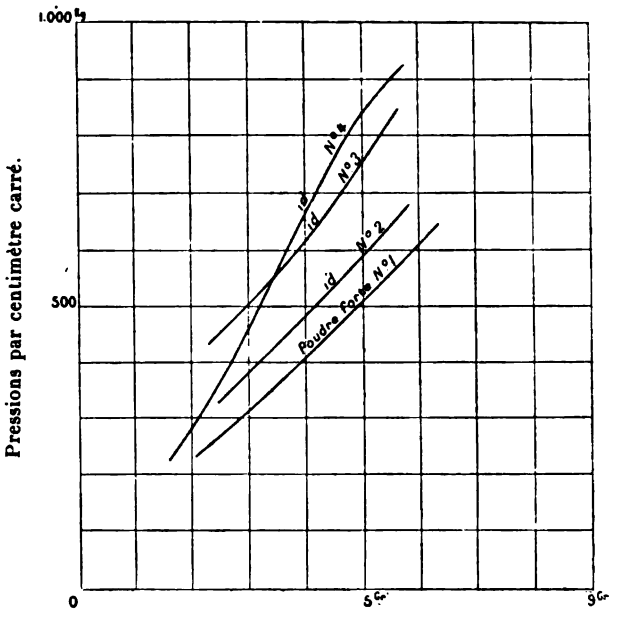


Fig. 30.

GRAPHIQUE n° 22. Calibre 16, 30gr de plomb n° 2, poudres fortes. — Pressions en fonction du poids des charges.



La poudre pyroxylée convient peu pour le tir à balles. Dans ce genre de tir, elle fournit des résultats extrêmement irréguliers, tant comme vitesse que comme pression.

Le tir avec la poudre noire de balles sphériques forcées par excès de calibre fournit aux charges moyennes un peu plus de pression que le tir d'une charge de plomb de chasse pesant le même poids. La différence est plus considérable avec les poudres fortes qu'avec les poudres ordinaires. Elle s'élève à 100kg environ pour les poudres fortes n° 1 et n° 4. La poudre qui convient le mieux pour le tir à balles est la poudre ordinaire n° 0 ou encore la poudre F_3.

II. — Charges de poudre qu'il convient de ne pas dépasser dans les fusils de chasse calibre 16.

Nous avons vu (chapitre II) que la pression d'épreuve des fusils calibre 16 terminés est de 710kg par centimètre carré. On peut poser

comme principe qu'en service courant les fusils ne doivent pas supporter plus des $\frac{3}{4}$ de la pression qu'ils ont subie lors des tirs d'épreuve du fusil terminé; on en conclut qu'un tireur prudent ne doit pas tirer dans les fusils calibre 16 des cartouches donnant des pressions supérieures à $\frac{3}{4} \times 710 = 530^{kg}$, à moins qu'il n'ait fait lui-même subir à son fusil des épreuves plus dures que les épreuves réglementaires, chose que nous ne conseillerons à personne.

CHARGES DE POUDRE QUI DONNENT DANS LES FUSILS CALIBRE 16 LA PRESSION DE 530^{kg}

POUDRE	avec 30gr de plomb.		avec la balle sphér. de 29gr,8.	
	Charges de poudre.	Vitesses correspondantes.	Charges de poudre.	Vitesses correspondantes.
	gr	m	gr	m
de guerre F,.....	7,90	465	7,50	435
de chasse ordinaire n° 0....	7,00	420	6,50	407
» » n° 1....	5,35	370	5,30	375
» » n° 2....	4,80	366	»	»
» » n° 3....	4,60	360	3,80	340
» forte n° 1....	5,40	374	3,90	335
» » n° 2....	4,45	352	»	»
» » n° 3....	3,25	314	»	»
» » n° 4....	3,20	320	2,55	298
pyroxylée.....	2,72	405	3,30	400

Au point de vue de la vitesse maximum réalisable sans danger, toutes les poudres ordinaires sont plus avantageuses que les poudres fortes n^{os} 2, 3 et 4.

III. — Charges de poudre qu'il convient de ne pas dépasser dans les fusils de divers calibres.

En suivant les méthodes déjà indiquées précédemment, nous avons déterminé par le calcul, pour chaque calibre de chasse, les coefficients par lesquels il faut multiplier les charges à employer dans le calibre 16 et données (§ II) pour ne pas dépasser soit la pression de 530^{kg}, soit les $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve du fusil

terminé du calibre considéré, la charge de plomb étant dans chaque calibre égale au poids de la balle sphérique du calibre (¹).

Le tableau ci-après donne les charges qu'il convient de ne pas

---

(¹) Soient P_1 la pression, ϖ_1 le poids de la charge de poudre, p_1 le poids du plomb, c_1 le calibre en millimètres d'un premier fusil, P_2, ϖ_2, p_2, c_2 les éléments correspondants d'un autre fusil. Les pressions fournies dans ces deux armes par une même espèce de poudre seront, en désignant par G un coefficient relatif à la poudre employée,

$$P_1 = G\,\frac{\varpi_1^{\frac{3}{4}}\,p_1^{\frac{1}{4}}}{c_1^3}, \qquad P_2 = G\,\frac{\varpi_2^{\frac{3}{4}}\,p_2^{\frac{1}{4}}}{c_2^3}.$$

Posant de plus $\frac{P_2}{P_1} = Q$, on déduit des relations ci-dessus

$$\varpi_2 = \varpi_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^{\frac{8}{3}} Q^{\frac{4}{3}}.$$

Lorsque la pression est la même dans les deux armes $Q = 1$. Si l'on désigne alors $\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^{\frac{8}{3}}$ par L, on aura

$$\varpi_2 = L\varpi_1.$$

Lorsque le rapport des pressions dans les deux armes est différent de l'unité, si l'on désigne $\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^{\frac{8}{3}} Q^{\frac{4}{3}}$ par M, on aura

$$\varpi_2 = M\varpi_1.$$

Coefficient L *par lequel il faut multiplier les charges de poudre du calibre* 16 *données* § II *pour obtenir dans chaque calibre la pression de* 530^{kg}.

Calibre nominal....	8	10	12	16	20	24	28	32
Coefficient L.....	1,478	1,28	1,143	1	0,889	0,806	0,735	0,641

Coefficient M *par lequel il faut multiplier les charges de poudre du calibre* 16 *pour obtenir dans chaque calibre les* $\frac{3}{4}$ *de la pression d'épreuve du fusil terminé.*

Calibre nominal....	8	10	12	16	20	24	28	32
Pression à ne pas dépasser.....	710^{kg}	650^{kg}	560^{kg}	530^{kg}	550^{kg}	470^{kg}	480^{kg}	445^{kg}
Coefficient M.....	2,15	1,68	1,22	1,0	0,915	0,695	0,58	0,497

dépasser dans chaque calibre, de façon à ne pas avoir une pression supérieure aux $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve du fusil terminé.

Charges de poudre qu'il est prudent de ne pas dépasser dans le tir des armes de chasse.

CALIBRES.	8.	10.	12.	16.	20.	24.	28.	32.
POUDRES	Charges de poudre à ne pas dépasser avec une charge de plomb égale au poids de la balle sphérique en plomb.							
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
de guerre F_3.....	17	13,3	9,6	7,9	7,2	5,5	4,6	3,9
de chasse ordinaire n° 0.	15	11,8	8,5	7,0	6,4	4,9	4,1	3,5
» » n° 1.	11,5	9,0	6,5	5,35	4,9	3,7	3,1	2,7
» » n° 2.	10,3	8,1	5,9	4,80	4,4	3,3	2,8	2,4
» » n° 3.	9,9	7,7	5,6	4,60	4,2	3,2	2,7	2,3
» forte n° 1.	11,6	9,1	6,6	5,40	4,9	3,8	3,1	2,7
» » n° 2.	9,6	7,5	5,4	4,45	4,1	3,1	2,6	2,2
» » n° 3.	7,0	5,5	4,0	3,25	3,0	2,3	1,9	1,6
» » n° 4.	6,9	5,4	3,9	3,20	2,9	2,2	1,9	1,6
» pyroxylée	5,8 (?)	4,6 (?)	3,3 (?)	2,72	2,5 (?)	1,9 (?)	1,6	1,4
	Charges de poudre à ne pas dépasser dans le tir à balle sphérique.							
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
de guerre F_3.....	16	12,6	9,2	7,50	6,9	5,2	4,4	3,7
de chasse ordinaire n° 0.	14	10,9	7,9	6,50	5,9	4,5	3,8	3,2
» » n° 1.	11,5	8,9	6,5	5,30	4,8	3,7	3,1	2,6
» forte n° 1.	8,4	6,6	4,8	3,90	3,6	2,6	2,3	1,9

IV. — Observations sur les épreuves des fusils de chasse.

Les chasseurs ignorent tous actuellement, et beaucoup ignoreront toujours, les différences de vivacité qui existent entre les poudres et, par suite, le danger que peut faire courir l'emploi de certaines poudres à fortes charges.

Les épreuves auxquelles sont soumises les armes terminées doivent donc être suffisantes pour qu'aucune arme ne devienne dangereuse avec un chargement que celui qui ignore le degré de

vivacité de certaines poudres peut considérer comme normal, ce qui est le cas, par exemple, pour la cartouche calibre 16, chargée avec 5^{gr} de poudre forte n° 4 et 30^{gr} de plomb. Or le graphique n° 19 fait voir qu'une pareille cartouche donne 870^{kg} de pression, soit 160^{kg} de pression de plus que la pression d'épreuve du fusil terminé qui est de 710^{kg}.

Il est donc permis de trouver que les armes de chasse terminées ne sont pas éprouvées à une pression assez forte, surtout celles des calibres inférieurs au 16.

Nous estimons que l'épreuve des fusils terminés devrait correspondre à une pression de 1000^{kg} environ par centimètre carré.

Il serait facile de calculer pour chaque calibre les conditions de chargement fournissant cette pression. Mais il serait préférable que le banc d'épreuves fût muni d'appareils à mesurer les pressions dans chaque calibre, de façon à régler le chargement en raison de la vivacité du lot de poudre employé et des autres conditions du chargement.

Les conditions d'épreuve des canons sont à peu près suffisantes, c'est ce qui explique la rareté actuelle des éclatements des canons des fusils se chargeant par la culasse. Mais, si l'on examine un certain nombre de fusils de chasse ayant quelque service, on constate que la majorité d'entre eux est disjointe à la culasse. Les ruptures de la bascule ne sont même pas rares. Il serait donc bon, dans l'intérêt des tireurs et sans tenir compte des réclamations que ne manqueront pas de formuler les fabricants, d'augmenter la dureté des épreuves des fusils terminés.

CHAPITRE IV.

VARIATIONS DES PRESSIONS PRODUITES PAR DIVERSES INFLUENCES.

I. — Influence du poids de la charge de plomb sur la pression.

Les résultats des expériences que nous avons faites sur ce sujet sont résumées dans les graphiques ci-après :

Fig. 31.

GRAPHIQUE n° 23, calibre 16. — Pressions obtenues avec des charges variables de plomb.

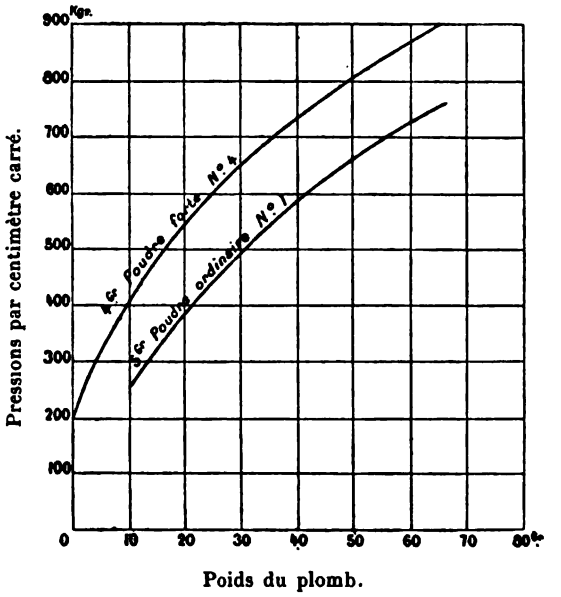
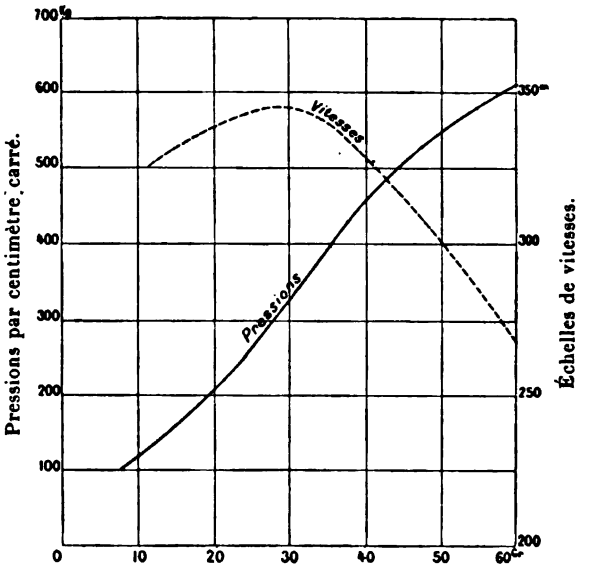


Fig. 32.

GRAPHIQUE n° 24, calibre 16. — Pressions et vitesses obtenues avec $2^{gr},60$ de poudre pyroxylée et des charges variables de plomb.



Calibre 16. — Avec 4^{gr} de poudre forte n° 4, aux environs de la charge normale de 30^{gr} de plomb, une variation de 1^{gr} dans le poids du plomb fait varier la pression de 10^{kg}, soit $\frac{10}{1000}$.

Avec 5^{gr} de poudre ordinaire n° 1, aux environs de la charge normale de 30^{gr}, une variation de 1^{gr} dans le poids du plomb fait varier la pression de 9^{kg}, soit $\frac{9}{1000}$.

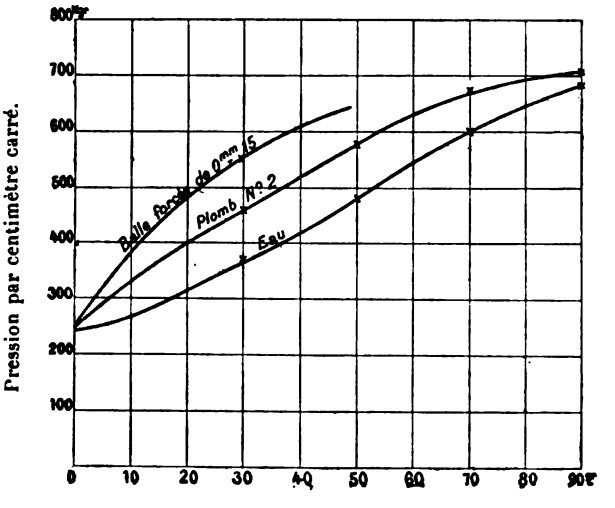
Avec $2^{gr},60$ de poudre pyroxylée, aux environs de la charge normale de 30^{gr}, une variation de 1^{gr} dans le poids du plomb fait varier la pression de 12^{kg}, soit $\frac{27}{1000}$.

II. — Variation simultanée de la nature et du poids du projectile.

Nous avons fait des tirs avec une même charge de poudre et des charges variables de plomb, de balles et d'eau. Pour le tir à l'eau, le canon était tenu vertical et l'on ne mettait pas de bourre par-dessus l'eau. Les résultats de ces tirs sont donnés dans le graphique n° 25.

Fig. 33.

GRAPHIQUE n° 25, calibre 16. Charge 4^{gr} de poudre ordinaire n° 3. — Tir avec des poids variables d'eau, de plomb et de balles.



Poids du projectile.

III. — Influence du nombre et du forcement des balles.

On a exécuté des tirs avec une, puis plusieurs balles sphériques en plomb durci à 5 pour 100 d'antimoine. On a tiré :

1° Des balles du poids de 29^{gr},7 et du calibre 17^{mm},15 qui se forçaient par excès de calibre dans le fusil employé (17^{mm},0);

2° Des balles du poids de 23^{gr} et du calibre 15^{mm},6 qui avaient un jeu de 1^{mm},4 dans le fusil employé. Les bourres étaient suffisantes pour qu'il n'y eût pas de passage de gaz en avant de la balle.

Les résultats obtenus sont reportés dans les graphiques ci-après (*fig.* 34, 35).

Fig. 34.

GRAPHIQUE n° 26, calibre 16. — Pressions obtenues avec 4gr de poudre forte n° 4, et une ou plusieurs balles.

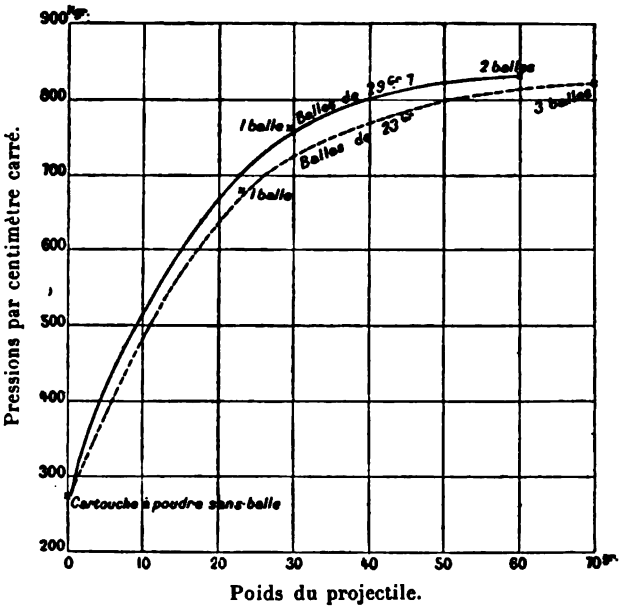
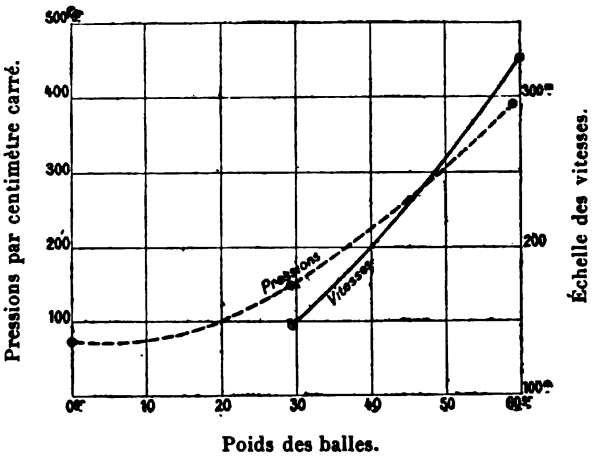


Fig. 35.

GRAPHIQUE n° 27, calibre 16. — Vitesses et pressions obtenues avec 2gr,60 de poudre pyroxylée et une ou deux balles de 29gr,7.



Il résulte des expériences faites que, avec la poudre forte n° 4, le forcement a relativement accru la pression de 30^{kg} et diminué la vitesse de 5^{m}. Aux environs du poids normal de 30^{gr}, une variation de 1^{gr} dans le poids de la balle a fait varier la pression de $\frac{8}{1000}$ et la vitesse de $\frac{12}{1000}$.

Avec la poudre pyroxylée, la vitesse et la pression croissent simultanément avec le poids des balles.

IV. — Influence de la grosseur du plomb.

Le petit plomb paraît donner, à poids égal, une pression un peu plus forte que le gros plomb; toutefois, la différence est à peine égale à l'incertitude des résultats d'expériences et elle est, en tous cas, parfaitement négligeable.

V. — Influence du durcissement du plomb de chasse.

A égalité de poids de charge, le plomb de chasse bien durci donne $\frac{1}{100}$ de plus de vitesse et $\frac{15}{100}$ de plus de pression que le plomb ordinaire non durci.

VI. — Influence de la nature de la bourre sur les pressions et sur les vitesses.

Nous avons fait des séries de cartouches identiques qui étaient chargées avec une même charge des différentes espèces de poudre et avec un même poids de plomb, mais qui différaient par la bourre.

Les diverses espèces de bourres employées étaient :

1° Une bourre entièrement formée d'un mélange par parties égales de cire et de graisse ayant une épaisseur de 1^{cm}. Cette bourre était comprise entre deux rondelles de carton ;

2° Une bourre plate en laine feutrée entièrement saturée de cire et graisse ayant une épaisseur de 1^{cm} et comprise entre deux cartons ;

3° Des bourres en feutre commun brun et élastique. Ces bourres n'étaient pas graissées et avaient une épaisseur de 1^{cm} lorsqu'elles ne sont pas comprimées. Ces bourres n'étaient pas comprises entre deux cartons.

La différence de vitesse et de pression fournie par les diverses

espèces de bourres a été sensiblement la même pour les huit types de poudre noire de chasse et la poudre pyroxylée.

En moyenne, avec une charge de 4^{gr} de poudre noire des divers types ou de $2^{gr},60$ de poudre pyroxylée tirée dans le calibre 16, la bourre de laine feutrée saturée de graisse a donné 35^{m} de plus de vitesse et 78^{kg} de plus de pression que la bourre de feutre élastique. La bourre en cire a donné, avec les mêmes charges de poudre, 41^{m} de plus de vitesse et 87^{kg} de plus de pression que la bourre de feutre élastique.

Les vitesses ont été d'autant plus régulières que la bourre était moins élastique.

L'écart probable des vitesses avec la bourre de feutre élastique a été de $7^{m},8$.

L'écart probable des vitesses avec la bourre de laine graissée a été de $2^{m},8$.

L'écart probable des vitesses avec la bourre de cire et graisse a été de 1^{m}.

En moyenne, avec les poudres noires, le gain relatif de vitesse et de pression produit par la bourre comparé aux résultats donnés par la bourre de feutre sec a été :

Pour la bourre de laine graissée, un accroissement de pression de $2^{kg},21$ par mètre de vitesse gagnée;

Pour la bourre de cire et graisse, un accroissement de pression de $2^{kg},08$ par mètre de vitesse gagnée.

Or, quand la vitesse s'accroît par suite d'une augmentation du poids de la charge de poudre, il résulte des graphiques 18 et 19 qu'en moyenne, avec les poudres noires, la pression s'accroît de $2^{kg},50$ par mètre d'accroissement de vitesse.

L'accroissement de vitesse, produit par le durcissement de la bourre, est donc obtenu d'une façon économique et avantageuse au point de vue de la pression développée.

VII. — Influence de la température sur la pression.

Les résultats des mesures de pressions, relatés dans ce qui précède, ont tous été obtenus en hiver à des températures voisines de 0°. Les renseignements donnés ci-après permettront de se rendre compte de ce que ces résultats eussent été à une température différente.

Poudre noire. — La température a une influence assez faible et en tous cas négligeable sur la pression développée par la poudre noire.

Poudre pyroxylée. — La température a une influence marquée tant sur la vitesse que sur la pression fournie par la poudre pyroxylée. La valeur de cette variation n'a pu être mesurée avec exactitude en raison de l'irrégularité des résultats fournis par la poudre pyroxylée; il semble toutefois résulter des expériences faites par nous qu'un accroissement de 10° dans la température accroît la pression de cette poudre de $\frac{1}{10}$ environ. Entre des cartouches chargées en poudre pyroxylée dont les unes sont exposées à un soleil ardent et les autres sont tenues au froid, il peut donc y avoir des différences de pression *moyenne* de plus de moitié.

VIII. — Influence de l'amorce.

La force de l'amorce n'a pas d'influence sensible sur la pression développée par les poudres noires et la poudre pyroxylée.

CHAPITRE V.

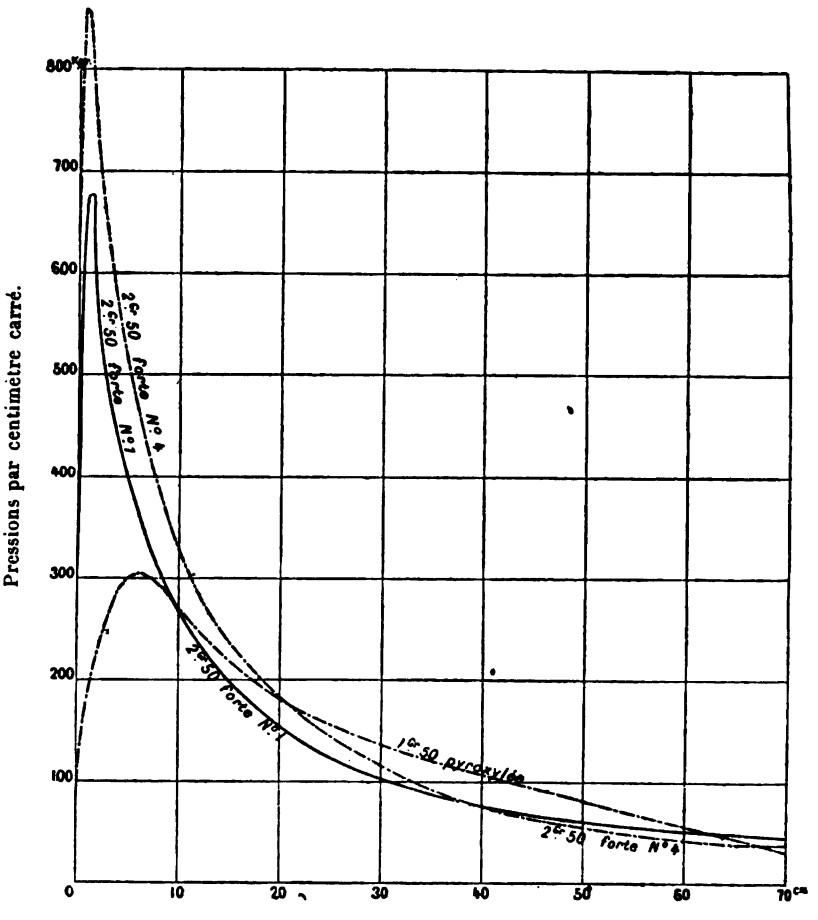
DÉVELOPPEMENT DES PRESSIONS DANS TOUTE L'ETENDUE DU CANON.

Nous avons déterminé au moyen d'un vélocimètre les pressions en chaque point d'un canon calibre 32 ($12^{mm},9$), dans lequel on tirait des cartouches comportant uniformément 21^{gr} de plomb et des charges des diverses espèces de poudre.

Le graphique n° 28 (*fig.* 36) donne les résultats moyens obtenus dans ces tirs.

Fig. 36.

GRAPHIQUE n° 28. — Développement des pressions dans le canon des fusils de chasse du calibre 32 (12mm,9). Charge 21gr de plomb.



Espaces parcourus dans le canon par le plomb.

Nous avons constaté également les faits suivants au moyen du vélocimètre :

Dans les fusils calibre 32 le maximum de pression a eu

lieu, après le début du mouvement du plomb, au bout d'un temps de

^{s} 0,00045	pour les cartouches à	^{gr} 2,5	de poudre forte	n° 1;
0,00045	»	2,5	»	n° 2;
0,00035	»	2,5	»	n° 4;
0,00130	»	1,5	»	pyroxylée française;
0,00100	»	1,5	»	Schultze (poudre anglaise pyroxylée);
0,00150	»	1,5	»	Sporting Powder (poudre anglaise pyroxylée).

Au moment du maximum de pression, le plomb avait avancé de

^{mm} 10...	pour les cartouches à	^{gr} 2,5	de poudre forte	n° 1;
11...	»	2,5	»	n° 2;
9...	»	2,5	»	n° 4;
63...	»	1,5	»	pyroxylée;
39...	»	1,5	»	Schultze (anglaise);
57...	»	1,5	»	Sporting (»).

La pression à la bouche a été de 35^{kg} à 45^{kg} pour toutes ces espèces de poudre.

La durée de trajet dans le canon, pour une longueur parcourue de 677^{mm}, a été de

^{s} 0,00308	pour les cartouches à	^{gr} 2,5	de poudre forte	n° 1;
0,00304	»	2,5	»	n° 2;
0,00254	»	2,5	»	n° 4;
0,00367	»	1,5	»	pyroxylée;
0,00355	»	1,5	»	Schultze (anglaise);
0,00388	»	1,5	»	Sporting (»).

Nous avons également déterminé, au moyen du vélocimètre, les pressions développées dans un canon calibre 16 (17^{mm}), dans lequel on tirait des cartouches comportant uniformément 30^{gr} de plomb.

Les graphiques ci-après (*fig.* 37 et 38) donnent 4 séries de résultats, correspondant chacune au tir d'une cartouche calibre 16.

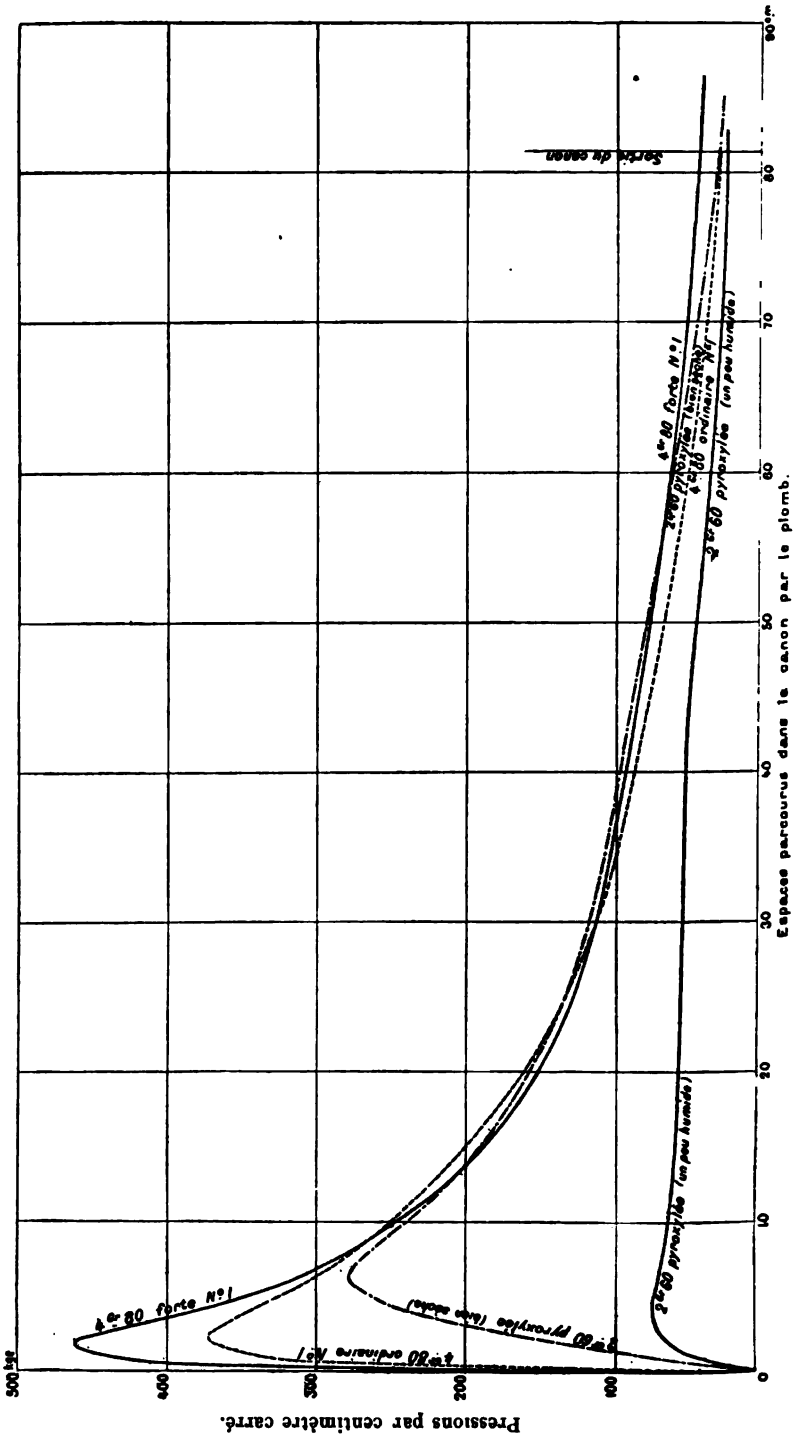
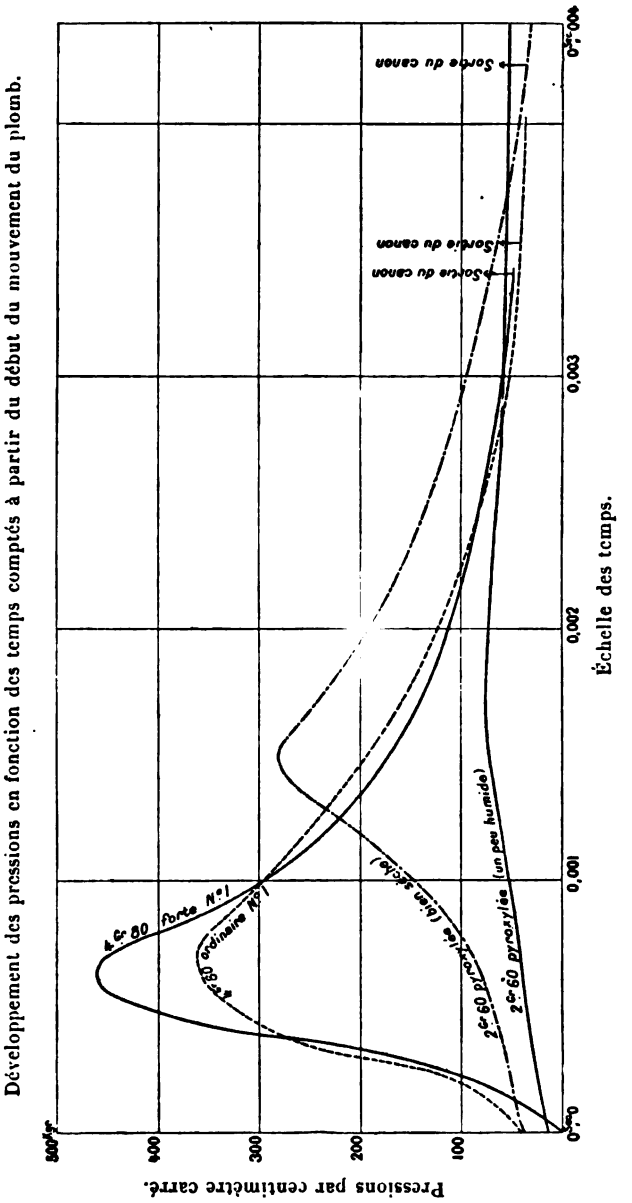


Fig. 37.

Calibre 16 (17mm,0). — Développement des pressions en fonction des espaces parcourus par le projectile dans le canon.

Fig. 38.



Dans le fusil calibre 16, le maximum de pression a eu lieu,

après le début du mouvement du plomb, au bout d'un temps de

s 0,000626	avec une cartouche chargée à	gr 4,80	de	poudre forte n° 1;
0,000696	»	4,80	»	ordinaire n° 1;
0,00067	»	4,80	»	»
0,001462	»	2,60	»	pyroxylée sèche;
0,0019	»	2,60	»	» un peu humide.

Au moment du maximum de pression, le plomb avait avancé de

mm 17,7	avec une cartouche chargée à	gr 4,80	de	poudre forte n° 1;
24,0	»	4,80	»	ordinaire n° 1;
36,0	»	4,80	»	»
61,3	»	2,60	»	pyroxylée sèche;
45,0	»	2,60	»	» humide.

La durée du trajet dans le canon, pour une longueur parcourue de 815^{mm}, a été de

s 0,003452	avec une cartouche chargée à	gr 4,80	de	poudre forte n° 1;
0,003536	»	4,80	»	ordinaire n° 1;
0,0035	»	4,80	»	»
0,004261	»	2,60	»	pyroxylée sèche;
0,0070	»	2,60	»	» humide.

La pression à la bouche a été de 30^{kg} à 45^{kg} pour toutes ces cartouches, sauf pour la cartouche de poudre pyroxylée humide, qui n'a donné que 25^{kg}.

QUATRIÈME PARTIE.

DU RECUL.

I. — Méthode de mesure.

Il résulte d'expériences très complètes, faites à l'École normale de tir, que l'impression physiologique du recul est proportionnelle à la force vive du recul de l'arme.

Si l'on appelle

P le poids du fusil;
v la vitesse maximum du recul;
g la gravité $= 9^{m},81$;

la force vive du recul sera égale à $\frac{Pv^2}{2g}$; cette quantité s'exprime en kilogrammètres.

Le calcul de la force vive du recul nécessite la connaissance de la vitesse du recul.

Nous avons employé le vélocimètre pour mesurer la vitesse du recul des canons des calibres 16 et 32; pour les armes complètes des calibres 8, 16 et 32, nous avons employé le dispositif suivant :

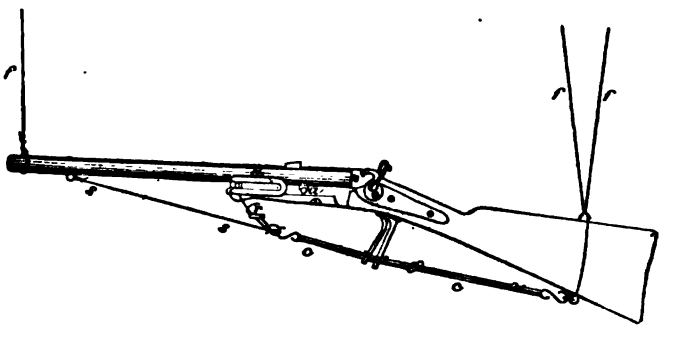
Le fusil est muni d'une ou deux détentes allongées. On fixe au battant de crosse un fort fil de caoutchouc en double qui est tendu au moyen d'une ficelle s (*fig.* 39), accrochée, d'autre part, au battant de grenadière ou du canon.

Le caoutchouc est engagé dans la détente que l'on veut faire partir et l'on règle sa longueur en conséquence. En raison de la longueur des détentes, la force nécessaire pour faire partir le coup est très faible.

L'axe de la bascule du fusil est remplacé par un axe plus long qui déborde extérieurement sur un côté. Cette partie débordante a porte un méplat, sur lequel on peut fixer au moyen d'une vis un

diapason *d*. L'extrémité des branches de ce diapason est garnie de plumes d'acier qui appuient légèrement sur une plaque de zinc re-

Fig. 39.



couverte de noir de fumée. Avant le tir on introduit à force, entre les branches du diapason, un coin en acier (*fig.* 40) qui maintient les branches du diapason écartées et prêtes à vibrer.

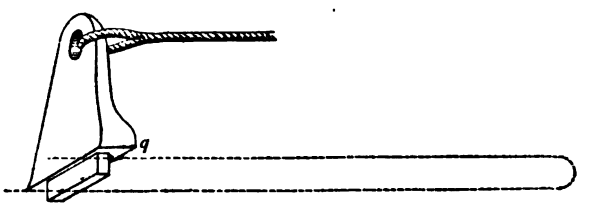
Au coin est attachée une ficelle *r* dont l'autre extrémité est attachée au caoutchouc *c*.

Le coin est placé perpendiculairement aux branches du diapason, entre celui-ci et le canon.

Le fusil ainsi garni est suspendu au plafond avec des ficelles légères *ff*, de façon à pouvoir reculer librement. On fait partir le coup sans déranger l'arme en mettant le feu à la ficelle *s*. Le caoutchouc

Fig. 40.

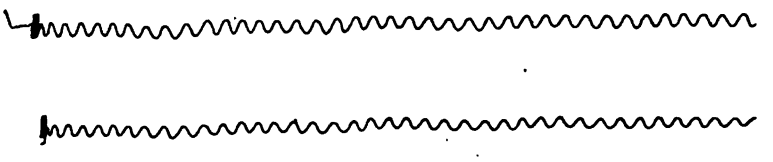
Coin du diapason.



libéré exerce une traction sur le coin, le fait basculer autour de l'arête *q* (*fig.* 40), l'arrache d'entre les branches du diapason et met celui-ci en vibration. Le caoutchouc agissant ensuite sur la détente fait partir le coup.

Dans le mouvement de recul le diapason inscrit ses vibrations sur la plaque noircie et produit un tracé du genre de celui qui est représenté (*fig.* 41).

Fig. 41.



La vitesse de recul est sensiblement constante entre le moment où le fusil a reculé de 2^{cm} et celui où il a reculé de 20^{cm}.

Mesurant la longueur occupée par un certain nombre de vibrations et connaissant la durée d'une vibration, on a le moyen d'en conclure la vitesse du recul. Ce procédé permet de mesurer la vitesse du recul à $\frac{1}{500}$ près.

Ces divers procédés nous ont permis de constater d'une façon certaine que la vitesse du recul des fusils de chasse dépend exactement des mêmes éléments que celle des fusils de guerre ou des pièces d'artillerie de tous calibres.

Si l'on appelle

P le poids du fusil ;
p_1 le poids du plomb et des bourres ;
ϖ le poids de la charge de poudre ;
V_0 la vitesse initiale,

on pourra calculer la vitesse du recul des fusils de chasse par la formule

$$v = (p_1 + 1{,}5\,\varpi)\,\frac{V_0}{P}.$$

Cette formule s'applique au tir de la poudre noire, de la poudre pyroxylée, des poudres picratées et des poudres B.

Le tableau-ci après donne les éléments du chargement et la mesure de l'impression du recul des fusils de chasse dans les conditions moyennes où ils sont employés.

On a ajouté en regard, à titre de comparaison, les éléments correspondants du fusil modèle 1874.

FUSIL.	POIDS du fusil P.	POIDS du plomb p.	POIDS des bourres.	POIDS de la poudre ϖ.	VITESSE initiale V_0.	VITESSE du recul v.	FORCE vive du recul $\frac{P v^2}{2g}$.
			Poudre noire.				
	kg	gr	gr	gr	m	m	kgm
De guerre modèle 1874..	4,26	25,0	0,6	5,25	445	3,55	2,67
De chasse calibre 8.....	5,90	60,0	3,5	9,4	360	4,75	6,78
» 10.....	4,00	46,2	3,0	7,5	360	5,44	6,03
» 12.....	3,25	38,8	2,7	6,0	360	5,60	5,20
» 16.....	3,05	30,0	2,5	4,8	360	4,69	3,42
» 20.....	2,40	23,9	2,1	4,0	360	4,80	2,82
» 24.....	2,20	20,1	1,9	3,4	360	4,43	2,20
			Poudre pyroxylée.				
» 8.....	5,90	60,0	3,5	5,0	360	4,27	5,48
» 10.....	4,00	46,2	3,0	3,9	360	4,955	5,00
» 12.....	3,25	38,8	2,7	3,2	360	5,12	4,34
» 16.....	3,05	30,0	2,5	2,5	360	4,28	2,85
» 20.....	2,40	23,9	2,1	2,0	360	4,35	2,31
» 24.. ..	2,20	20,1	1,9	1,75	360	4,03	1,82

La vitesse du recul n'a pas encore atteint son maximum au moment où le plomb sort du canon. Dans les fusils de chasse, cette durée s'accroît très sensiblement pendant une durée de $0^s,006$ après la sortie du projectile (1).

Un fusil calibre 16, du poids de $3^{kg},05$, ayant un canon de 75^{cm} de long et une cartouche comportant les éléments du tableau ci-dessus, a reculé de $8^{mm},35$ au moment où l'arrière de la bourre sort du canon. Il existe des dispositifs qui permettent d'enregistrer exactement la quantité reculée par le fusil au moment où le projectile sort. On peut même constater, au moyen de certains appareils, que le fusil recule aussitôt que le plomb commence à bouger.

(1) La différence entre la vitesse du recul au moment où le projectile franchit la bouche et la vitesse maximum du recul est de $0^m,567$ pour un fusil calibre 16 tirant à 360^m de vitesse. D'une façon générale, cette différence est à peu près égale à $\frac{\varpi V_0}{P}$.

Nous citons ces faits parce que beaucoup de gens s'imaginent que le fusil n'a pas eu le temps de reculer avant que le projectile soit sorti.

II. — Valeurs admissibles du recul.

Le fusil produit, en reculant, un choc ou une poussée brusque sur l'épaule du tireur.

Lorsque le tireur sait que le recul du fusil qu'il tire est violent, il se contracte involontairement avant le départ du coup et finalement tire mal.

Un tireur, absorbé par l'intérêt de la chasse, sent beaucoup moins le recul de son fusil que lorsqu'il tire à la cible.

De même, on se fait parfois à la chasse de fortes écorchures dont on ne s'aperçoit pas au moment même, tandis que tout le monde sait que la moindre piqûre faite lorsqu'on s'y attend produit de la douleur.

En raison de cette moindre sensibilité du tireur à la chasse, il est sans inconvénients d'avoir, pour les fusils de chasse, un recul plus violent que celui que l'on peut admettre pour des armes destinées à des tirs précis et au posé.

Lorsqu'on ne doit tirer avec une arme que quelques coups dans la journée, on peut également admettre un recul plus violent que lorsqu'on doit tirer un grand nombre de coups.

Les chasseurs de force moyenne et moyennement exercés n'aiment pas avoir un recul dont la force vive dépasse $3^{kgm},5$ à 4^{kgm}.

Les chasseurs robustes et exercés peuvent supporter jusqu'à 5^{kgm}.

Il est bien peu de tireurs qui puissent se servir, avec avantage, d'une arme donnant 6^{kgm} de recul.

En général, lorsque le recul d'une arme est trouvé pénible, il vaut mieux, au point de vue des résultats probables du tir, s'arranger de façon à diminuer le recul soit en diminuant la puissance des cartouches, soit en prenant un fusil moins puissant. On tirera mieux et, en fin de compte, on obtiendra de meilleurs résultats avec un fusil dont le recul sera jugé supportable qu'avec le fusil puissant, mais à recul trop fort.

III. — Préjugés concernant le recul.

Il règne, au sujet du recul, une foule de préjugés auxquels nous

opposerons, dans ce qui suit, le résultat d'expériences nombreuses, faites par nous au moyen de méthodes exactes.

1° Bien des tireurs accusent certains fusils d'avoir un recul extraordinaire et différent de celui d'une arme de même poids tirant les mêmes munitions.

Ces tireurs sont presque toujours des tireurs novices ou épaulant mal. Quant à nous, nous avons eu l'occasion de tirer au moins une centaine de fusils de chasse et plusieurs milliers de fusils de guerre de tous modèles ; dans ce nombre, nous n'en avons jamais rencontré *un seul* qui eût un recul qui ne fût pas en rapport avec le poids du fusil, celui du plomb, de la poudre et avec la vitesse initiale.

Nous avons, du reste, déjà dit que nous avions constaté, par des expériences précises, que le recul de *tous* les fusils de chasse, quels que soient leur forme ou leur calibre et la poudre employée, dépend des mêmes éléments et suit les mêmes lois que celui des fusils de guerre, des pistolets et même des pièces d'artillerie de tous calibres.

2° Contrairement à ce que l'on trouve écrit dans presque tous les traités sur les armes à feu portatives, nous affirmons que ni le diamètre de la chambre, ni le forcement des projectiles n'ont d'influence propre sur le recul.

Des variations très notables dans le forcement peuvent influer sur le mode de combustion de la poudre et entraîner des variations de la vitesse initiale ; mais, suivant la nature, le poids de la charge de la poudre et suivant l'énergie du forcement, la variation de vitesse peut être tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Un accroissement du forcement peut donc amener tantôt une diminution, tantôt un accroissement de recul.

L'excès de pression que doit développer la poudre pour pousser le projectile, force qui se traduit par un excès d'effort sur la culasse, est exactement compensé, au point de vue du mouvement du recul du canon, par le frottement du projectile sur les parois du canon.

3° Des variations dans la pente de la crosse peuvent modifier un peu la direction du mouvement du recul, mais n'ont aucune influence sur son intensité. La force vive du recul reste la même et doit être amortie entièrement par la réaction que lui oppose le tireur.

4° On attribue souvent à la poudre pyroxylée un recul insignifiant comparé à celui de la poudre noire.

Le tableau donné (§ I) fait voir qu'à vitesse égale la force vive du recul fournie par la poudre pyroxylée est $\frac{1}{5}$ environ moins forte que celle fournie par la poudre noire. La différence tient au moindre poids de la charge de poudre. Cette dernière affirmation repose sur des mesures très précises faites dans 3 fusils de calibres différents avec deux espèces de poudre pyroxylée française et deux espèces de poudre pyroxylée anglaise.

5° Nous avons lu, dans une brochure sur les armes de chasse, qu'un fusil tiré à proximité des murs donnait plus de recul que le même fusil tiré en plein champ. L'auteur de la brochure a confondu l'ébranlement nerveux produit sur son oreille par le bruit avec le choc du fusil sur son épaule. Il vaudrait autant dire qu'une capsule tirée dans une chambre y a plus de force qu'en plein air parce qu'elle y fait plus de bruit.

CINQUIÈME PARTIE.

VITESSES RESTANTES.

CHAPITRE PREMIER.

GÉNÉRALITÉS.

I. — Utilité de connaître les vitesses restantes.

La connaissance des vitesses restantes aux différentes distances est un élément indispensable pour pouvoir apprécier avec sûreté la valeur meurtrière des projectiles à ces distances.

Cet élément est également indispensable à ceux qui mesurent des vitesses pour passer des vitesses observées directement V_5, V_{10}, ... aux vitesses initiales V_0 qui ne sont pas données directement par les chronographes, généralement employés pour cette mesure.

II. — Détermination des vitesses restantes.

Lorsqu'on connaît le temps t employé par un projectile à parcourir un espace e, dans le parcours duquel la vitesse n'a pas varié de plus de 50^m, le quotient $\frac{e}{t}$ représente, avec une approximation généralement suffisante, la valeur de la vitesse au milieu de l'intervalle e.

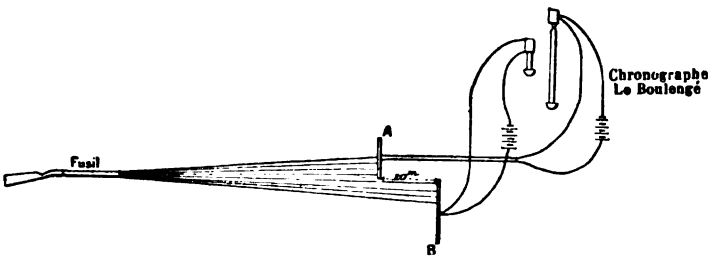
Nous avons employé deux méthodes pour déterminer les vitesses restantes aux différentes distances.

Première méthode. — On dirige le tir sur 2 plaques d'acier, espacées de 10 à 20^m et placées en échelons, de telle sorte que l'une des plaques reçoive la moitié de la gerbe de plomb et l'autre plaque l'autre moitié (*fig.* 42). Les 2 plaques sont munies d'appareils à interruption électrique pour enregistrer le moment où la plaque est frappée.

Le chronographe Le Boulengé est l'instrument qui convient le

mieux pour effectuer dans ce cas les mesures de durées. Les communications électriques sont installées comme l'indique sommairement la *fig.* 42.

Fig. 42.



Chronographe Le Boulengé.

Quand, par exemple, la première plaque est placée à 35^m de la bouche et la seconde à 45^m, on peut ainsi obtenir la vitesse restante à 40^m de la bouche.

Lorsqu'on fait des expériences de cette nature, on constate que les résultats obtenus sont d'autant plus irréguliers que la distance à laquelle on prend la vitesse est plus considérable et que le plomb est plus petit. Au delà de 45^m, il n'y a plus rien de bon à attendre de ce procédé. Ce fait tient à ce que les pertes de vitesse des grains de plomb dans l'air sont inégales, et que des grains partis avec des vitesses initiales égales ont, à une certaine distance de la bouche, des vitesses restantes et des durées de trajet fort différentes pour un même parcours; aux très grandes distances, chaque plaque peut ne fonctionner que sous le choc de grains ayant eu, pour le même parcours jusqu'à la première plaque, des durées de trajet fort différentes. Dans ce cas, le chronographe enregistre une différence de durées de trajet, au moyen de laquelle on calcule une vitesse qui ne correspond nullement à la vitesse moyenne effective des plombs.

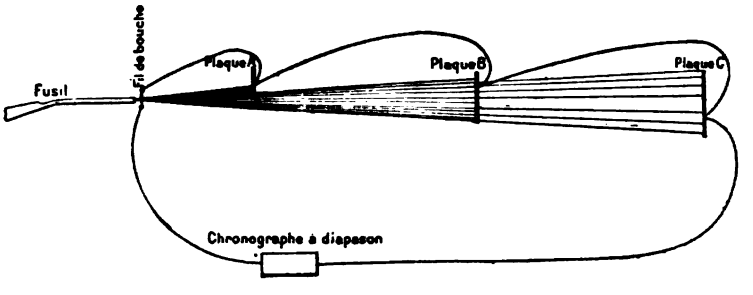
Deuxième méthode. — On détermine la série des durées de trajet correspondant à différentes portées. La dérivée de la durée de trajet par rapport à la portée est égale à l'inverse de la valeur de la vitesse restante à cette portée.

Le chronographe Le Boulengé, qui permet de mesurer des

temps ayant au plus $0^s,25$, ne peut servir à mesurer les durées de trajet à partir de la bouche que jusqu'à la portée de 50^m environ pour les plombs de grosseur moyenne.

Pour mesurer les durées de trajet, nous nous sommes généralement servi, à toutes les distances, d'un chronographe à diapason, au moyen duquel on enregistrait les durées de trajet d'un même coup à 2 ou 3 portées, comme l'indique la *fig.* 43.

Fig. 43.



La plaque A était disposée de façon à n'intercepter qu'une petite partie de la gerbe, à gauche par exemple. Le bord supérieur de la plaque B était disposé de façon à se trouver un peu en dessous de l'axe de la gerbe. La partie supérieure de la gerbe venait ainsi frapper la plaque C.

Les plaques doivent être d'autant plus grandes et d'autant plus minces qu'elles sont placées plus loin du fusil.

La seule difficulté à vaincre pour effectuer les mesures sur 3 plaques est celle qui consiste à régler les appareils interrupteurs de chaque plaque, de telle sorte que les interruptions produites par une plaque soient terminées avant que les plombs atteignent la plaque suivante. On arrive assez facilement à ce résultat en se servant des appareils interrupteurs à inertie, imaginés à l'École normale de tir.

La première plaque peut être placée à 10^m du fil de bouche; mais, entre les diverses plaques, il doit y avoir un intervalle d'au moins 30^m pour que les vibrations d'une plaque soient éteintes quand la charge frappe la plaque suivante. Ce n'est qu'à cette condition que le chronographe à diapason permet d'enregistrer l'arrivée successive des plombs sur chacune des plaques.

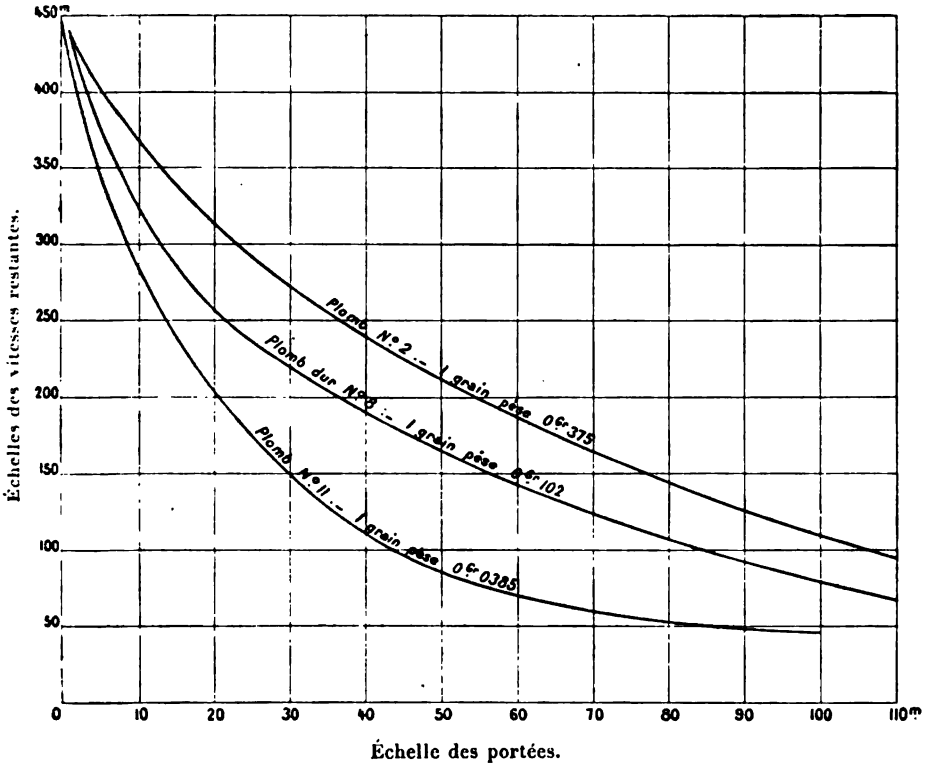
Observation générale. — Il convient de faire toutes les mesures de vitesse restante en tirant dans des canons cylindriques, à l'exclusion des canons choke-bored. On a vu, en effet, que, dans le tir de ces derniers canons, les grains situés à l'avant de la charge ont une vitesse initiale notablement plus forte que celle de ceux situés à l'arrière dans la cartouche. En raison de cette inégalité de vitesse des grains, les résultats de mesures de *vitesses restantes* avec les canons choke-bored sont très irréguliers.

III. — Valeur des vitesses restantes.

La graphique n° 31 (*fig.* 44) donne la valeur des vitesses res-

Fig. 44.

GRAPHIQUE n° 31. — Courbes des vitesses restantes.



tantes pour 3 grosseurs de plomb. Ces résultats ont été obtenus,

dans un très grand nombre d'expériences, en employant plusieurs méthodes et plusieurs sortes d'instruments.

Les vitesses données dans ce graphique représentent des résultats moyens; mais il convient de se rappeler que la vitesse des différents grains d'une même charge diffère en moyenne de $8^{m},5$ à la portée de 30^{m} et que les écarts de vitesse vont en croissant avec la portée.

Le graphique n° 31 a été établi pour des vitesses initiales très fortes et d'environ 450^{m}. Ces vitesses ne sont généralement pas réalisées dans la pratique. Ce graphique peut toutefois fournir les vitesses restantes pour une vitesse initiale quelconque moindre que 450^{m}.

Supposons, en effet, que l'on ait tiré du plomb n° 2 à la vitesse initiale de 350^{m}. Sur le graphique n° 31, cette vitesse correspond à la portée de 13^{m} quand on tire à la vitesse de 450^{m}. Lorsqu'on tirera à la vitesse initiale de 350^{m}, les vitesses restantes aux différentes distances seront égales à celles que l'on obtiendra avec la vitesse initiale de 450^{m}, à une portée de 13^{m} plus grande.

Exemple. — On tire du plomb n° 2 avec $V_0 = 350^{m}$; on demande la vitesse restante à 80^{m}? Cette vitesse est égale à celle du graphique à la portée $80 + 13 = 93^{m}$, soit $V_{80} = 120^{m}$.

IV. —Calcul des vitesses initiales.

Le graphique n° 31 peut également servir à déterminer la vitesse initiale lorsque, au moyen du chronographe, on a déterminé une vitesse restante à une distance donnée V_5, par exemple.

Ainsi, supposons que l'on ait obtenu $V_5 = 313^{m}$ par des mesures au chronographe Le Boulengé, en tirant du plomb n° 2. D'après le graphique n° 31, la vitesse de 313^{m} correspond à la portée de 20^{m}; à 5^{m} plus près, soit à la bouche, la vitesse V_0 de la cartouche qui a donné $V_5 = 313^{m}$ sera 329^{m}.

Pour calculer la vitesse V_0, lorsqu'on connaît V_5, il est toutefois plus commode et plus exact de se servir d'un graphique du genre du graphique n° 32 (*fig.* 45), dans lequel on trouve directement les pertes de vitesse subies dans un parcours de 5^{m}, que de se servir du graphique n° 31 (*fig.* 44), comme il est expliqué plus haut.

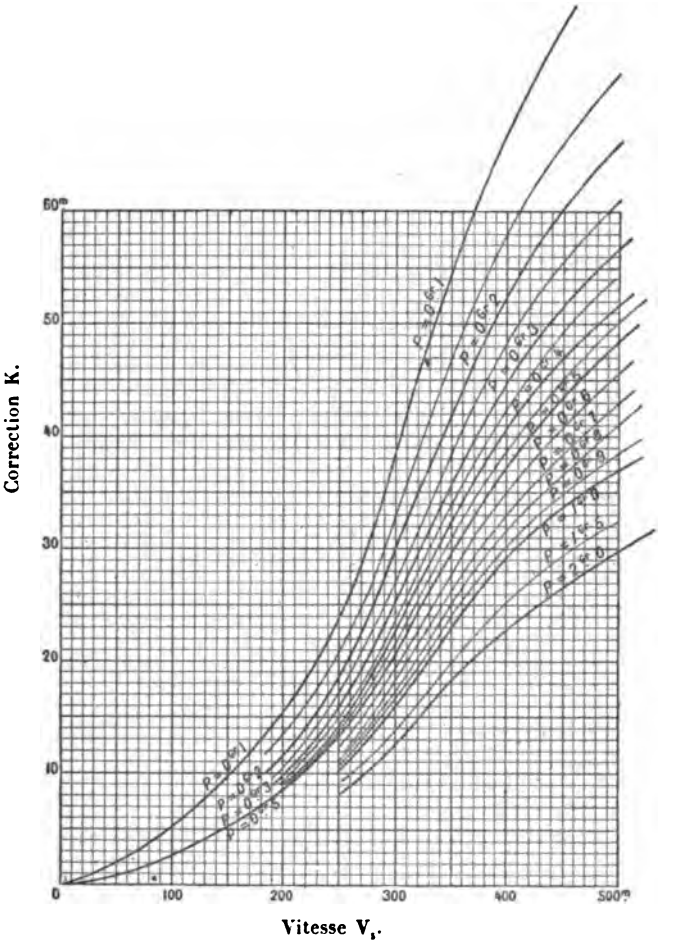
Le graphique n° 32 a été déduit des valeurs expérimentales obtenues dans de nombreuses expériences. La loi que l'on en déduit pour la résistance de l'air est la même que celle qui a été déterminée en tirant des boulets sphériques en fonte de gros calibre.

Fig. 45.

GRAPHIQUE n° 32. — Corrections pour passer de V_1 à V_0,

$$V_0 = V_1 + K,$$

pour des plombs sphériques à la densité de 11,0 dont le poids p varie de 0gr,1 à 2gr,0.

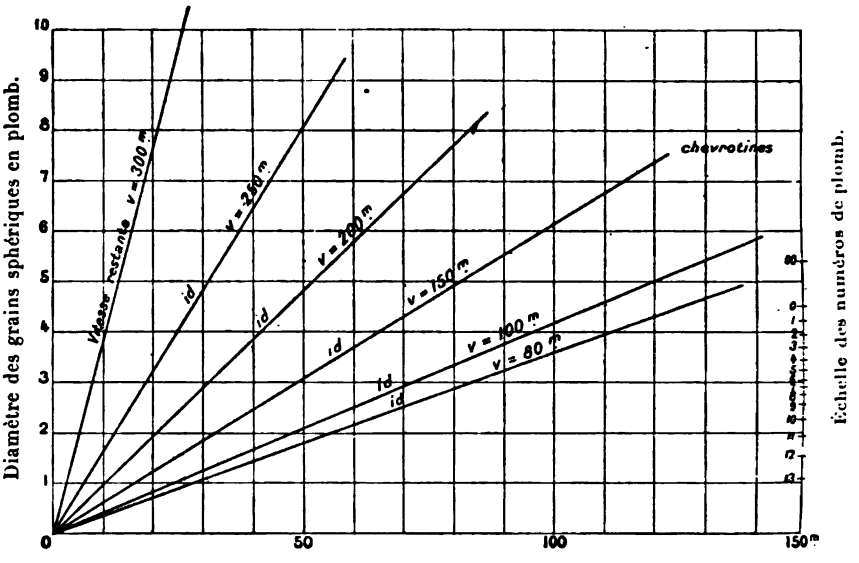


V. — Vitesses restantes suivant la grosseur du grain.

Le graphique n° 33 (*fig.* 46) exprime ce fait prévu par la théorie, et que nous avons vérifié expérimentalement, savoir que : *les espaces, au bout desquels des projectiles sphériques en plomb*

Fig. 46.

GRAPHIQUE n° 33. — Espaces E au bout desquels des projectiles sphériques en plomb tirés à la vitesse initiale de 350^{m} ont leur vitesse réduite à une valeur v.



de diamètres différents ont subi une même perte de vitesse, sont proportionnels aux diamètres des projectiles.

Ce graphique nous servira plus loin de base pour établir la valeur meurtrière des plombs des différents numéros.

VI. — Vitesse limite des projectiles.

Lorsque des projectiles, tirés sous de grands angles, ont un long parcours dans l'air et une grande hauteur de chute, leur vitesse tangentielle converge vers une limite minimum. Cette limite

est près d'être atteinte lorsque, la vitesse de translation étant déjà très diminuée et l'angle de chute très considérable, la résistance de l'air devient égale au poids du projectile. A partir de cet instant, l'action de la pesanteur n'accroît plus la vitesse de chute, tandis que la vitesse de translation tend à devenir nulle.

Pour les projectiles des armes portatives, la vitesse au point de chute est très voisine de la vitesse limite, toutes les fois que l'angle de tir est supérieur à 10°.

Un projectile arrivant à la portée extrême qui lui correspond, ou retombant sur le sol près du tireur, après avoir été tiré verticalement, possède à très peu près la vitesse limite en arrivant au point de chute.

Le tableau ci-après donne les vitesses limites des projectiles sphériques en plomb.

Diamètre du projectile sphérique en plomb.	Vitesse limite.
mm	m
1	19
2	27
3	35
4	38
5	43
6	47
7	51
8	54
9	57
10	61
12	66
14	72
16	77
17	79
18	81

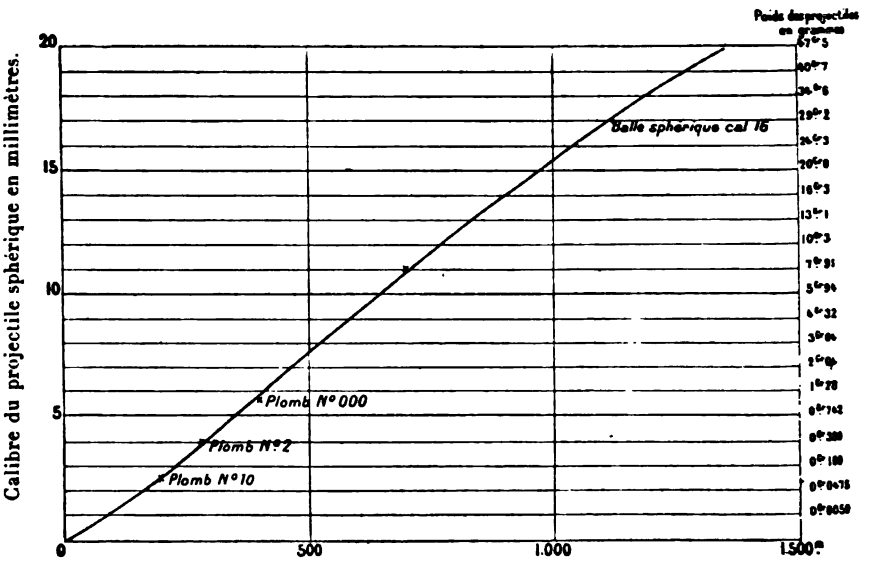
SIXIÈME PARTIE.

PORTÉE MAXIMUM DES ARMES DE CHASSE.

Il peut être quelquefois utile, pour prévenir des accidents ou même des réclamations de voisins mal disposés, de connaître la portée maximum des fusils de chasse.

Fig. 47.

Graphique n° 34. — Portées extrêmes obtenues sous l'angle de tir de 30° avec la vitesse initiale de 370m, et des projectiles sphériques en plomb, à la densité de 11,35 (1).



Portées extrêmes.

La portée maximum est obtenue pour le plomb et les balles

(1) Les points marqués d'un × sur le graphique n° 34 indiquent les portées expérimentales effectivement observées par nous.

sous l'angle de tir de 32°. La portée que l'on obtient sous l'angle de 20° est en moyenne les $\frac{9}{10}$ de la portée maximum.

Le graphique n° **34** (*fig.* 47) donne les portées maximums de tous les projectiles sphériques en plomb que l'on peut avoir à tirer dans les fusils lisses (1).

Le plomb de chasse de grosseur moyenne porte en somme, au maximum, à 250^{m}; mais il cesse d'être dangereux, sauf pour les yeux, au delà de 100^{m}.

Les balles sphériques en plomb d'un calibre supérieur à 5^{mm} peuvent produire, à la portée extrême, des plaies pénétrantes dans les chairs de l'homme non recouvertes de vêtements.

La balle du calibre **16** peut produire à l'homme des blessures graves, même à la portée extrême.

---

(1) Le poids P en grammes des projectiles sphériques en plomb à la densité de 11,35, dont le calibre en millimètres est égal à d, se calcule par la formule

$$P = 0{,}005945\,d^3.$$

SEPTIÈME PARTIE.

EFFETS PRODUITS PAR LES PLOMBS.

CHAPITRE PREMIER.

PUISSANCE MEURTRIÈRE DES PLOMBS.

Dans ce qui suit, nous nous occupons plus spécialement du tir à plombs, et nous réservons ce qui est relatif à la puissance meurtrière des balles pour la partie consacrée au tir à balle des armes de chasse.

Il est possible de tuer un animal relativement gros en le criblant de petit plomb lancé à grande vitesse. Toutefois, il est évident que l'effet cherché sera plus sûrement obtenu avec un petit nombre de projectiles de grosseur appropriée à la taille de l'animal.

On tue plus sûrement un animal en le frappant avec 3 ou 4 projectiles de grosseur moyenne qu'en le frappant avec un seul projectile 3 ou 4 fois plus gros que les premiers. Le gros projectile peut ne faire qu'un séton et ne pas arrêter l'animal, tandis que 3 ou 4 projectiles plus petits, s'ils ont encore une vitesse suffisante, ont beaucoup de chances pour frapper au moins un organe important.

Suivant que l'animal doit être tiré de près ou de loin, le poids des projectiles sphériques en plomb doit varier de $\frac{1}{10000}$ à $\frac{1}{2000}$ du poids de l'animal que l'on cherche à abattre.

En moyenne, on emploie des plombs dont le grain pèse le $\frac{1}{5000}$ du poids de l'animal (1).

On emploie habituellement les numéros de plomb de 10 à 12 pour les petits oiseaux (alouettes, etc.);

Les numéros 10 à 8 pour la caille;

(1) Poids de la caille..... kg 0,080
» de la perdrix..... 0,350
» du lièvre..... 3,500

Les numéros 6 à 8 pour les perdrix;

Les numéros 2 à 6 pour le lièvre;

Les numéros °/₀ à 2 pour le chevreuil;

Les chevrotines ou la balle pour les animaux plus gros.

Des plombs pesant le $\frac{1}{5000}$ du poids de l'animal brisent la plupart des os de l'animal frappé quand ils arrivent à une vitesse supérieure à 150^{m}, et ils peuvent en tous cas faire des blessures très graves.

Les mêmes plombs ne font plus que des plaies contuses quand ils frappent directement la chair à une vitesse inférieure à 60^{m}, et ils peuvent ne rien faire d'appréciable quand ils frappent un épais matelas de plume ou de poils (¹).

D'après cette règle et le graphique n° 33, les plombs appropriés à la grosseur du gibier peuvent produire un effet meurtrier jusqu'aux distances données ci-après en les tirant à 350^{m} de vitesse.

Effet produit sur un animal pesant 5000 *fois le poids du projectile.*

	BRISE LES MEMBRES	PÉNÈTRE DANS LES CHAIRS sans briser les os
	Jusqu'à la distance de	
	m	m
Plomb n° 0.....	75	150
» 2.....	65	130
» 4.....	55	115
» 6.....	50	100
» 8.....	40	85
» 10.....	30	70
» 12.....	25	55

En employant des projectiles en plomb pesant notablement plus que le $\frac{1}{5000}$ du poids de l'animal, on pourrait produire de l'effet à des distances supérieures à celles données dans le tableau ci-dessus. Ainsi, un boulet qui tombe de 10^{m} de haut et qui a une vitesse de 14^{m} suffit pour tuer un homme. De même, une chevrotine

(¹) Quoique nous manquions d'expériences précises à ce sujet, nous pensons que les os des oiseaux sont moins résistants que ceux d'un mammifère du même poids.

Pour ce qui est du mode d'action des projectiles sur les chairs et les os, nous renvoyons au chapitre consacré à ce sujet dans le tir à balles.

animée d'une assez faible vitesse suffit pour broyer un petit oiseau, et une balle lancée à la main pour assommer une perdrix.

Dans certains cas, on pourra tuer un gros animal avec du petit plomb et avoir des coups de hasard qui s'écarteront notablement des règles données ci-dessus.

Ainsi on cite des hommes qui sont tombés foudroyés par un seul grain de plomb qui leur était entré dans l'œil. Il y a eu des soldats tués par l'ancienne balle de tir au tube qui pesait 1^{kr} et avait une assez faible vitesse.

Les différents êtres animés offrent, du reste, des différences notables dans la sensibilité aux blessures. Un plomb suffit pour faire tomber la bécassine, le chevreuil; une blessure relativement légère met l'homme hors de combat. La perdrix continue son vol avec les pattes brisées; le lièvre se sauve en courant sur les moignons ou encore les entrailles pendantes. Le sanglier bourre parfois avec 10 balles dans le corps et les membres brisés. Il faut atteindre un félin dans ses organes essentiels, cœur, cerveau, pour le tuer rapidement : un félin peut être criblé de blessures, qui le feront mourir en peu de temps, sans cesser d'être dangereux.

On voit donc que la puissance meurtrière du plomb n'est pas une chose absolue qui puisse être chiffrée exactement; le tableau ci-dessus n'est qu'une moyenne donnant le résultat probable.

On peut faire remarquer aussi que, lorsqu'un animal se meut avec une vitesse de 20^{m}, vitesse qui est à peu près réalisée par la plupart des oiseaux et par le lièvre, la vitesse relative des plombs qui le frappent est diminuée ou augmentée de 20^{m} suivant que dans sa course l'animal s'éloigne directement du tireur ou s'en rapproche. Dans ces différents cas, la vitesse relative des plombs d'une même espèce de cartouche, peut donc, à la même distance, différer de 40^{m} et produire des effets sensiblement différents.

Les limites que nous avons données correspondent au maximum de vitesse qu'on réalise pratiquement.

Le graphique des vitesses restantes fait, du reste, voir qu'une vitesse initiale de 450^{m}, soit de 100^{m} supérieure à celle qui nous a servi de point de départ, accroîtrait la portée meurtrière des plombs n° 11 de 5^{m} seulement, celle des plombs n° 8 de 8^{m} et celle des plombs n° 2 de 13^{m}.

CHAPITRE II.

PÉNÉTRATION DANS LE BOIS.

Les chasseurs peuvent avoir l'idée d'essayer la pénétration de leur plomb pour vérifier la puissance de leurs cartouches.

Le milieu qui convient le mieux pour essayer la pénétration des projectiles de plomb est le bois de peuplier sec en planches d'épaisseur suffisante pour que le même projectile ne traverse pas plus d'une planche. La pénétration se détermine ensuite facilement en découpant la planche à la scie.

On pourra constater, par ce moyen, que tous les grains de plomb d'un même coup de fusil sont loin d'avoir la même force vive. La pénétration des grains de plomb d'une même cartouche diffère souvent de moitié aux petites distances et du simple au double aux grandes distances.

On constatera que ce sont presque toujours les grains les plus gros et les moins déformés de la charge qui ont la plus grande pénétration et que les grains très déformés ont, aux distances moyennes, une pénétration relativement très faible.

On pourra aussi constater que, contrairement aux affirmations intéressées des armuriers, il n'y a pas de fusil qui ait plus de pénétration qu'un autre lorsqu'on tire dans ces deux armes des cartouches identiques et lorsque les longueurs des canons sont peu différentes. Nous rappelons à ce sujet que les plombs tirés dans un canon choke-bored ont des vitesses initiales d'autant plus différentes que l'étranglement est plus prononcé.

Aux vitesses supérieures à 250^m, la pénétration dans le bois varie beaucoup suivant la dureté du plomb. Aux vitesses inférieures à 250^m, l'influence de la dureté du plomb est faible; cette influence devient nulle aux vitesses inférieures à 150^m (1).

(1) Soit d le diamètre en millimètres des grains de plomb ; X la pénétration en millimètres dans le bois de peuplier ; V la vitesse d'arrivée en mètres.

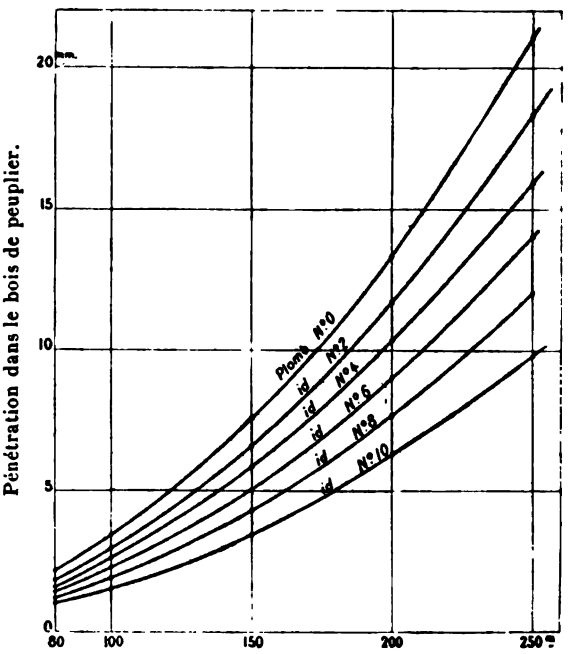
La pénétration des grains de plomb peu déformés satisfait à la relation

$$X = 0{,}0000757\, dV^2.$$

Le graphique ci-dessous donne la pénétration des différents numéros de plombs aux vitesses inférieures à 250^{m}. Le graphique

Fig. 18.

Pénétration des grains de plombs sphériques et peu déformés dans le bois de peuplier en planches épaisses.



Vitesse d'arrivée des plombs.

n'a pas été étendu aux vitesses plus fortes, parce que les résultats sont, pour les vitesses supérieures à 250^{m}, extrêmement irréguliers et dépendent plus de la dureté et de la déformation du plomb que de la vitesse.

[Ce mémoire sera terminé dans le tome IV du *Mémorial* (année 1891).]

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE DU TOME III.

DEUXIÈME PARTIE.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

FRANCE[1].

N° 38.

MISE EN VENTE DE LA POUDRE PYROXYLÉE DE FABRICATION FRANÇAISE.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

(Circulaire n° 860.)

Paris, le 22 janvier 1883.

Le monopole des poudres à feu est aujourd'hui en mesure de livrer à la régie de la poudre au bois pyroxylé de fabrication française, en remplacement de la poudre d'origine anglaise, importée par le gouvernement.

Provisoirement, il ne sera rien changé aux conditions d'emballage et de vente déterminées par la circulaire n° 343 du 4 août 1882 (2); le nouvel explosif continuera d'être envoyé par la poudrerie nationale de Sevran-Livry dans les caisses et dans les boîtes dont le calibre a été indiqué pour la poudre anglaise.

...L'art. 2 de la loi du 24 mai 1834 interdit aux particuliers d'avoir en leur possession plus de 2^{kg} de poudre : cette stipulation s'étend à la poudre pyroxylée. Les directeurs des établissements de tir aux pigeons, qui ne sont pas commissionnés comme débitants de poudre et qui voudraient avoir un approvisionnement supérieur à 2^{kg}, auraient à se pourvoir de l'autorisation préfectorale.

Dans le principe, alors qu'il s'agissait de la poudre pyroxylée importée d'Angleterre, le prix de vente aux consommateurs avait

(1) Voir 1 *3 *103, et 2 *3, les nos 1 à 37.
(2) Voir 2 *26.

été fixé à 35^{fr} le kilogramme : il a été abaissé à 30^{fr} pour la poudre de fabrication française.

Le directeur général,

F. RENAUD.

N° 39.

CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE F_3 (1).

(Lettre collective n° 11.)

Paris, le 13 février 1883

...J'ai décidé que l'humidité de la poudre F_3 devra être comprise, au moment de l'épreuve de recette, entre les limites de 0,80 et 1,20 pour 100, et que la vitesse observée subira une correction relative à l'humidité de la poudre, de manière à être ramenée à ce qu'elle serait avec une humidité de 1,20 pour 100.

Cette correction sera faite en admettant que, conformément à des expériences antérieures, la variation de vitesse correspondant à une différence 0,10 pour 100 d'humidité soit de 1^{m},50.

Les conditions provisoires de réception de la poudre F_3 sont donc les suivantes :

Nombre de grains au gramme.	inférieur à 1200.
Densité gravimétrique.....	0,938 à 0,942.
Densité réelle.....	supérieure à 1,740.
Humidité pour 100.....	0,80 à 1,20.
Éprouvette.....	fusil modèle 1874. cartouche modèle 1879 (étui non verni).
Chargement.....	poudre 5^{gr},20.
Vitesse à 25^{m} ramenée à 1,20 pour 100 d'humidité, et corrigée par rapport à la poudre-type.....	435^{m} à 443^{m}.

En ce qui concerne cette dernière correction, la vitesse journalière accusée par la poudre-type devra être préalablement ramenée

---

(1) Voir 2 *80 et suiv.

au même taux d'humidité que celui qui correspond à la vitesse normale de cette poudre.

Le ministre de la guerre,
THIBAUDIN.

N° 40.

ARRÊTÉ DU 23 FÉVRIER 1883 FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES DE COMMERCE EXTÉRIEUR.

LE MINISTRE DES FINANCES,

Vu le décret, en date du 30 décembre 1882, relatif à la fixation du prix des poudres de commerce extérieur;

Vu les rapports du directeur général des contributions indirectes, en date des 12 janvier et 17 février 1883;

Sur le rapport du sous-secrétaire d'état,

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — A partir du 1er mars 1883, le prix de la poudre de commerce extérieur, vendue en barils, demi-barils et quarts de baril, contenant respectivement 45kg, 22kg,50 et 11kg,25 de poudre, est fixé comme il suit, emballage compris :

Poudre ordinaire.....	0fr,85 le kilogramme.
Poudre forte.....	0fr,90 le kilogramme.

ART. 2. — A partir de la même époque, les poudres pourront être livrées en barillets, dont les contenances sont indiquées au tableau ci-après, avec les plus-values à payer par 100kg de poudre.

Les barillets désignés dans la colonne 1 du tableau ci-dessous pourront contenir des poids de poudre variables, compris entre 9kg et 1kg,50. Les plus-values à payer, pour les contenances intermédiaires entre deux chiffres de la colonne 2, seront égales

à celles qui correspondent à la contenance immédiatement inférieure.

ESPÈCES DE BARILLETS.	CONTENANCE en kilogrammes.	PLUS-VALUE à payer par 100 kilogrammes de poudre.
1.	2	3
	kg	fr
Cinquième	9	2
	8	4
Sixième	7,50	5
	7	6
	6	8,50
	5	11
Dixième	4,50	12,50
	4	15
Douzième	3,75	18
	3	23
Vingtième	2,25	28,50
	2	33
Vingt-cinquième	1,80	38
Trentième	1,50	46

ART. 3. — Le présent arrêté sera déposé au bureau chargé du contreseing pour être notifié à qui de droit.

Fait à Paris, le 23 février 1883.

Le ministre des finances,

P. TIRARD.

N° 41.

INSTRUCTION SUR LES ÉPREUVES DE RECETTE DE LA POUDRE C_2.

(Lettre collective n° 34.)

Paris, le 4 avril 1883.

Messieurs, les épreuves de recette de la poudre C_2, destinée au département de la marine, devront avoir lieu dorénavant dans le canon de 90^{mm} en bronze de la marine.

Je vous adresse, ci-jointe, une instruction indiquant les conditions nouvelles de ces épreuves.

Le ministre de la guerre,
THIBAUDIN.

INSTRUCTION

pour les épreuves de recette des poudres de la marine.

Les épreuves de recette de la poudre C_2 auront lieu dorénavant dans les canons de 90^{mm} en bronze de la marine.

Les tirs auront lieu à la charge réglementaire de $1^{kg},640$.

Les limites de vitesses, écarts moyens et pressions imposées pour la réception des poudres sont fixées ainsi qu'il suit :

La vitesse initiale moyenne, ramenée à la densité de chargement 0,841 et corrigée de la variation journalière, devra être comprise entre 450^{m} et 460^{m}.

L'écart moyen des vitesses devra être inférieur à $2^{m},50$.

La pression moyenne à la culasse, corrigée de la variation journalière, devra être inférieure à 2000^{kg}.

Ces conditions nouvelles de recette, établies à la suite de tirs comparatifs, sont équivalentes à celles qui étaient imposées jusqu'ici pour les épreuves dans le canon de 90^{mm} de la guerre. Elles ne supposent, par conséquent, aucune modification dans la fabrication de la poudre.

N° 42.

LOI DU 6 AOUT 1883 PORTANT FIXATION DU PRIX DE VENTE DE LA POUDRE AU BOIS PYROXYLÉ (1).

ARTICLE PREMIER. — Le prix de vente, par l'administration des contributions indirectes, de la poudre au bois pyroxylé qui sera mise

(1) *Journ. off.*, 8 août 1883.

à la disposition des consommateurs est fixé à vingt-huit francs (28fr) le kilogramme.

ART. 2. — Le prix de vente de l'échantillon de poudre au bois pyroxylé de provenance anglaise, mis à la disposition des consommateurs à titre provisoire et exceptionnel, est fixé à trente-cinq francs (35fr) le kilogramme.

Fait à Paris, le 6 août 1883.

JULES GRÉVY.

Par le président de la République :

Le ministre des finances,

P. TIRARD.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

Fixation du prix de vente de la poudre pyroxylée de fabrication française et de l'échantillon de provenance anglaise.

Loi du 6 août 1883.

(Circulaire n° 376.)

Paris, le 8 août 1883.

Une loi du 6 août 1883 fixe, pour l'avenir, à 28fr par kilogramme le prix de vente aux consommateurs de la poudre au bois pyroxylé de fabrication française et sanctionne rétroactivement, au taux de 35fr le kilogramme, le prix de vente de l'échantillon de poudre au bois pyroxylé de provenance anglaise qui a été mis à la disposition des consommateurs à titre exceptionnel.

Rien n'est modifié, quant à présent, aux dispositions contenues dans les circulaires nos 343 du 4 août 1882 et 360 du 22 janvier 1883 (1), au sujet de l'emballage, de l'emmagasinage, des demandes et des livraisons du nouvel explosif.

Le directeur général,

F. RENAUD.

---

(1) Voir 2 *26 et 3 *3.

N° 43.

FORMATION DES LOTS DE POUDRES DESTINÉES AUX GROS CALIBRES DE L'ARTILLERIE DE TERRE.

(Lettre collective n° 35.)

Paris, le 11 août 1883.

Messieurs, les épreuves de réception des lots de poudre dans les canons des calibres supérieurs entraînent d'assez fortes dépenses résultant non seulement de la grande quantité de poudre brûlée, mais encore et surtout de l'usure du matériel employé.

J'ai décidé, en conséquence, que, pour toutes les poudres destinées aux gros calibres de l'artillerie de terre (24^{cm} et au-dessus), les lots devront, à l'avenir, être formés de 20 000^{kg} à 30 000^{kg}, au lieu de 12 000^{kg}, chiffre fixé pour les lots des autres poudres.

Pour le ministre et par son ordre :

Le directeur des poudres et salpêtres,

G. MAUROUARD.

N° 44.

RECRUTEMENT ET PRÉPARATION D'AGENTS DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES POUR LA SURVEILLANCE DES FABRIQUES PRIVÉES DE DYNAMITE.

(Lettre collective n° 38.)

Paris, le 23 août 1883.

Messieurs, le règlement du 10 janvier 1879, pour le transport de la dynamite par chemins de fer, stipule que *les établissements privés, qui voudront être admis au transport par chemins de fer, devront recevoir à leurs frais un agent du service des poudres et salpêtres et, à son défaut, un garde-mine ou un conducteur des ponts et chaussées, lequel sera chargé en permanence de surveiller la fabrication de la dynamite.*

D'un autre côté, l'art. 18 du décret du 24 août 1875, relatif à la loi du 8 mars précédent sur la poudre-dynamite, porte : *La dynamite importée est soumise, dans tous les cas, aux mêmes conditions que la dynamite fabriquée à l'intérieur.* .

De là résulte, pour le service des poudres et salpêtres, l'obligation de mettre à la disposition des fabriques privées de dynamites françaises ou étrangères, qui alimentent les dépôts du pays, des agents chargés de s'assurer que les conditions exigées de bonne qualité et de bon emballage ont toutes été rigoureusement observées.

Pour que cette surveillance soit efficace, il convient de préparer des agents capables de l'exécuter, et c'est en vue de ce résultat que j'ai approuvé, à la date du 20 juillet 1883, le programme dont je vous adresse ci-joints deux exemplaires.

Il sera donné, par vos soins, communication de ce programme au personnel sous vos ordres.

Pour le ministre et par son ordre :

Le directeur des poudres et salpêtres,

G. MAUROUARD.

PROGRAMME

DES MESURES A PRENDRE EN VUE D'ASSURER LE RECRUTEMENT ET LA PRÉPARATION D'AGENTS DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES POUR LA SURVEILLANCE DES FABRIQUES PRIVÉES DE DYNAMITE (1).

ARTICLE PREMIER. — Les candidats aux emplois de surveillant de fabrique privée de dynamite seront choisis par l'inspecteur général, sur la proposition des directeurs des établissements, parmi les poudriers immatriculés et les ouvriers auxiliaires satisfaisant aux conditions suivantes :

Avoir au moins 25 ans d'âge et un an de présence dans l'établissement ;

Posséder une instruction primaire suffisante en lecture, écriture, calcul et géographie ;

Présenter toutes garanties de conduite et de moralité.

(1) La suppression de la fabrication de la dynamite à la poudrerie de Vonges a conduit à modifier un certain nombre des mesures prévues par ce programme.

ART. 2. — Il sera justifié : 1° des conditions d'âge et de service, par la production de l'acte de naissance et du relevé des services du candidat ; 2° des conditions d'instruction, par des compositions écrites faites sous la direction d'un ingénieur et comprenant une dictée, une copie à main posée de cette dictée, et au moins deux problèmes d'arithmétique, et par un examen oral fait par l'inspecteur général en tournée ; 3° des conditions de conduite et de moralité, par un certificat du maire de la résidence du candidat et par les notes détaillées données par le directeur.

ART. 3. — Les candidats agréés par l'inspecteur général devront, avant de pouvoir prétendre aux emplois de surveillant, accomplir un stage et satisfaire à des épreuves déterminées par les articles suivants :

ART. 4. — La durée du stage sera d'un an, savoir : 8 mois à la poudrerie de Vonges, 2 mois à la poudrerie de Sevran-Livry, 2 mois au Dépôt central de Paris.

A la poudrerie de Vonges, les candidats seront employés spécialement à la fabrication de la dynamite et prendront une part effective et personnelle aux opérations qui s'y rapportent ; ils suivront des leçons faites par l'ingénieur et ayant pour objet les manipulations chimiques, la législation de la dynamite et la tenue des écritures incombant aux surveillants ; ils seront enfin exercés dans les bureaux à la rédaction de rapports très simples sur l'objet de leurs travaux.

A la poudrerie de Sevran-Livry, ils compléteront leur instruction pratique par des travaux de laboratoire et par leur participation aux essais faits sur les explosifs ; ils tiendront un journal des travaux qu'ils auront exécutés.

Au Dépôt central, ils seront employés au laboratoire et aux expériences, et ils subiront, pendant la dernière quinzaine de leur stage dans cet établissement, les épreuves destinées à constater leur aptitude.

ART. 5. — Ces épreuves se feront devant une Commission formée de l'inspecteur général et de deux ingénieurs, et comprendront une composition écrite et un examen oral ; la composition consistera dans la rédaction d'une lettre ou d'une note sur un sujet donné se rapportant aux fonctions de surveillant ; l'examen portera sur les matières enseignées durant le stage. Les rapports fournis et les journaux tenus par les candidats durant leur stage dans les divers établissements seront adressés à l'inspecteur général par les directeurs qui y joindront des notes détaillées sur la conduite, la moralité, l'intelligence et la manière de servir des candidats.

ART. 6. — La Commission, d'après les notes, les travaux et les résultats

des épreuves, décidera de l'aptitude des candidats et les classera par ordre de mérite.

ART. 7. — Les candidats déclarés aptes à remplir les emplois de surveillants seront pourvus immédiatement du grade de brigadier de première classe et seront attachés en cette qualité à l'un des établissements qui fabriquent ou étudient les explosifs azotés (Vonges, Moulin-Blanc, Sevran-Livry, Paris), où ils attendront leur envoi dans les fabriques privées.

ART. 8. — Ils seront nommés surveillants, avec le grade de sous-chef ouvrier, au fur et à mesure des besoins, dans l'ordre qui leur aura été assigné à la suite des examens. Toutefois, quand les fabriques à pourvoir seront situées dans les localités où la connaissance d'une langue étrangère serait utile pour la bonne exécution du service de surveillance, il pourra être fait des choix hors tour en faveur des candidats qui connaîtraient cette langue.

ART. 9. — A défaut de candidats capables provenant des établissements du service des poudres et salpêtres, des candidats étrangers audit service pourront être admis à concourir après un stage dont la durée variera avec l'étendue de leurs connaissances spéciales.

Paris, le 20 juillet 1883.

Le ministre de la guerre,

THIBAUDIN.

N° 45.

MODIFICATIONS AUX CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE F_3.

(Lettre collective n° 41.)

Paris, le 19 octobre 1883.

Messieurs, par ma lettre collective du 13 février 1883 (n° 11)(1), je vous ai fait connaître les conditions provisoires de réception de la poudre F_3.

Je vous informe que ces conditions sont modifiées et fixées ainsi

---

(1) Voir ci-dessus, *4.

qu'il suit, pour tous les lots présentés aux épreuves à partir du 15 novembre prochain :

Nombre de grains au gramme inférieur à.....	1,200
Densité gravimétrique de.....	0,938 à 0,942
Humidité pour 100 inférieure à.....	1,30 (1)
Éprouvette.....	Fusil modèle 1874, Cartouches modèle 1879, (Étuis non vernis).
Chargement, poudre	$5^{gr},25$
Vitesse à 25^{m}, comprise entre.....	435^{m} et 443^{m}

Pour les poudres contenant une humidité inférieure à 1,10 pour 100, les vitesses devront être préalablement corrigées et ramenées à ce qu'elles auraient été, à l'humidité de 1,10. Cette correction sera faite dans les conditions indiquées par la lettre collective du 13 février dernier.

La modification des conditions de recette, qui porte à la fois sur la limite supérieure de l'humidité, sur le poids de la charge de poudre et sur le taux d'humidité par rapport auquel sera faite la correction des vitesses, a pour but de faciliter la fabrication courante de la poudre F_3 dans les conditions strictement réglementaires fixées par l'instruction jointe à la lettre collective du 26 octobre 1882 (n° 57) (2).

La fabrication de cette poudre devra être réglée de manière à obtenir des grains bien lissés, ayant la plus grande densité réelle possible et une proportion d'humidité voisine de 1,10 pour 100.

Le ministre de la guerre,

CAMPENON.

---

(1) Cette proportion a été abaissée à 1,20 pour 100 par la lettre collective n° 28 du 5 septembre 1884.

(2) Voir 2 *80.

N° 46

MODIFICATION AUX CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE SP_1.

(Lettre collective n° 45.)

Paris, le 21 novembre 1883.

...J'ai décidé qu'à partir du 1er décembre 1883 la proportion maximum d'humidité contenue dans la poudre SP_1, actuellement fixée à 1,80 pour 100 (1), sera réduite provisoirement à 1,50 pour 100.

Le ministre de la guerre,
CAMPENON.

N° 47

EMPLOI DE VÊTEMENTS INCOMBUSTIBLES.

(Lettre collective n° 7.)

Paris, le 12 mars 1884.

Messieurs, des essais ont été exécutés à la poudrerie de Sevran-Livry, depuis le mois d'avril 1882, sur l'emploi d'une étoffe spéciale, dite *lasting,* pour la confection des vêtements de poudriers, et, plus récemment, sur l'emploi comparatif des tissus ordinaires rendus incombustibles au moyen de diverses solutions salines.

Il est résulté de ces essais que les vêtements en lasting, tout en coûtant moins cher que ceux de toile bleue, rendue incombustible par l'une des solutions salines employées, sont parfaitement incombustibles, ne se laissent traverser ni par la flamme ni par le poussier de poudre et, en cas d'explosion, procureront aux ouvriers une protection très efficace.

J'ai décidé, en conséquence, d'étendre à toutes les poudreries du service des poudres et salpêtres l'emploi des vêtements en lasting,

---

(1) Voir 2 *83.

et j'ai chargé la Commission mixte de fabrication des poudres d'établir les nouveaux modèles de ces vêtements.

Conformément aux propositions de la Commission, il convient, en ce qui concerne la forme des vêtements, d'adopter le type de la casquette anglaise, qui est pourvue d'un couvre-nuque et peut protéger très efficacement la tête et le cou de l'ouvrier ; mais il est préférable de conserver, pour le bourgeron et le pantalon, la forme des vêtements actuels en toile, qui offrent toute garantie au point de vue des accidents dus aux transmissions mécaniques.

Le directeur du Dépôt central des poudres et salpêtres sera chargé de procéder à l'achat des nouveaux vêtements pour toutes les poudreries.

Le ministre de la guerre,

CAMPENON.

N° 48.

EXPÉRIENCES SUR LES POUDRES PRISMATIQUES DITES CHOCOLAT.

(Lettre collective n° 21.)

Paris, le 10 juillet 1884.

Messieurs, divers échantillons de nouvelles poudres prismatiques, dites *poudres brunes* ou *poudres chocolat,* ont été récemment achetés en Allemagne, en vue d'expériences comparatives à exécuter par les soins du département de la marine et des services de l'artillerie et des poudres et salpêtres.

Ces échantillons sont au nombre de trois : la poudre RWP (Hamm) et la poudre PRH n° 1 (Rottweil-Hambourg) sont indiquées comme appropriées aux canons de 24^{cm} et de 27^{cm}, la poudre PRH n° 2 (Rottweil-Hambourg) aux canons de 32^{cm} à 42^{cm}.

Les résultats de l'analyse chimique, exécutée au Dépôt central des poudres et salpêtres, ont accusé environ 78 pour 100 de salpêtre, et 3,50 à 3,70 pour 100 de soufre. Le charbon, très brun, paraît analogue à celui que l'on peut obtenir en traitant le charbon ordinaire par l'acide nitrique étendu. Toutes ces poudres ont, d'ailleurs, les mêmes dimensions et la même apparence.

En ce qui concerne les résultats balistiques, je vous adresse, ci-joint, un tableau résumant les tirs effectués tant à la poudrerie de Sevran-Livry qu'à la Commission de Gâvre et à la fonderie de Ruelle, par le service des poudres et le département de la marine.

RÉSUMÉ DES TIRS COMPARATIFS

EFFECTUÉS AVEC LES NOUVELLES POUDRES PRISMATIQUES ALLEMANDES, A LA POUDRERIE DE SEVRAN-LIVRY, A LA COMMISSION DE GAVRE ET A LA FONDERIE DE RUELLE.

LIEUX et dates des tirs.	ESPÈCES DE POUDRES.	CHARGE.	VITESSE initiale correspondante.	PRESSION.
	CANON DE 24cm modèle 1870 M.			
Sevran-Livry. 9 févr. 1884	RWP ($\frac{C}{83}$ de Hamm).	46 kg	471,1 m	1811 kr
	PRH n° 1 ($\frac{C}{82}$ de Düneberg).	48	471,5	1455
	Id.	53	510,4	1916
	AS $\frac{11}{14}$. 7e lot 1883.	46	494,0	2136
Id. 8 oct. 1882.....	Poudre E.	50	490,6	1831
	Echantillon G.	56	496,5	1734
	CANON DE 24cm modèle 1870-1879 (de 25 calibres).			
Gâvre. 13 mars 1884.....	PRH N° 2.	60	582,4	2259
	PRH N° 2.	62	596,5	2521
Id. février 1884.....	AS $\frac{11}{10}$. 9e lot 1883.	57	565,2	2389
	AA $\frac{11}{10}$. 12e lot 1883.	57	569,0	2573
	Poudre E.	59	564,5	2338
	CANON DE 27cm modèle 1870 M.			
Sevran-Livry. 17 janv. 1884...	AS $\frac{11}{10}$. 6e lot 1883.	62	489,0	2228
	RWP.	60	480,3	1876,5
	RWP.	64	506,5	2348
	PRH) La désignation du nu-	56	443,3	1270
	PRH) méro n'a pas été don-	64	480,6	1574
	PRH) née.	70	507,0	1877
	CANON DE 27cm modèle 1870 M.			
Sevran-Livry. 21 janv. 1884..	AS $\frac{11}{10}$. 6e lot 1883.	62	487,2	2182
	PRH N° 2.	64,50	482,0	1675
Id. 12 oct. 1884....	AS $\frac{11}{10}$. 6e lot 1883.	62	479,8	2211
	PRH N° 2.	70	497,4	1877
	PRH N° 1.	70	508,8	2016

LIEUX et dates des tirs.	ESPÈCES DE POUDRES.	CHARGE.	VITESSE initiale correspondante.	PRESSION.
	CANON DE 27cm modèle 1870-1879 (de 25 calibres).			
Gâvre. 27 févr. 1884.....	PRH N° 2.	80kg	574,9m	2295kg
	PRH N° 2.	84	595,0	2405
Id. Date antérieure.....	AS $\frac{22}{46}$. 12e lot 1883.	70,50	540,0	2334
	Poudre E.	78	546,8	2330
	CANON DE 32cm modèle 1870-1879 (de 25 calibres).			
Gâvre. Date non indiquée.....	PRH N° 2.	137	552,7	2230
	PRH N° 2.	153	590,7	2701
	Poudre E.	150	568,8	2698
	Prismatique A de Sevran-Livry.	165	572,9	2645
	CANON DE 42cm modèle 1870 (de 21 calibres).			
Ruelle. 13 mars 1884.....	PRH N° 2.	230	502,5	1716
	Id.	285	558,6	2577
Id. 9 février 1884.....	Prismatique A de Sevran-Livry.	310	529,3	2456

Toutes ces expériences mettent en évidence la supériorité, quant aux qualités balistiques, des nouvelles poudres prismatiques sur les poudres antérieurement fabriquées par les procédés ordinaires.

Je suis heureux de pouvoir ajouter que les recherches entreprises à la poudrerie de Sevran-Livry, pour la reproduction de ces poudres, ont rapidement et complètement réussi.

Le ministre de la guerre,

E. CAMPENON.

N° 49.

SUPPRESSION DES USINES A PILONS.

(Lettre collective n° 30.)

Paris, le 13 septembre 1884.

Messieurs, le procédé de fabrication des poudres par les pilons devant être désormais considéré comme définitivement abandonné, il y a lieu d'enlever ces appareils et leurs mécanismes des usines où ils existent encore, de façon à rendre ces usines disponibles, en vue soit de la diminution des accumulations de matières qui constituent un danger sur d'autres points, soit de l'installation des nouveaux appareils que comportent les progrès de la fabrication.

En m'accusant réception de la présente lettre collective, vous me rendrez compte, chacun en ce qui vous concerne, des mesures que vous aurez prises pour l'exécution des dispositions qu'elle renferme.

Pour le ministre :

Le sous-secrétaire d'état,

CASIMIR-PÉRIER.

N° 50.

EXPLOSION SURVENUE DANS L'USINE A MEULES N° 4 DE LA POUDRERIE DE SEVRAN-LIVRY.

(Lettre collective n° 31.)

Paris, le 25 septembre 1884.

Messieurs, l'usine à meules n° 4 de la poudrerie nationale de Sevran-Livry a fait explosion le 26 août dernier, au début de la trituration d'une composition pour poudre de mine anguleuse.

Cet accident, qui s'est réduit à une inflammation des matières à triturer, n'a présenté aucun caractère de gravité.

Je vous adresse, ci-joints, les documents officiels relatifs à cette explosion.

Il résulte de ces documents que l'explosion a été déterminée par la présence, sur la piste des meules, de gobilles en bronze restées dans des matières dont le tamisage avait été mal exécuté, sinon absolument omis.

Des mesures sévères ont été immédiatement prises à l'égard des deux ouvriers qui ont été reconnus coupables de cette grave négligence.

La suppression de l'action personnelle de l'ouvrier pouvant seule offrir une garantie efficace contre le retour d'accidents de cette nature, je signale aux ingénieurs du service des poudres et salpêtres l'intérêt qui s'attache à l'installation d'appareils mécaniques, et j'invite, en particulier, les directeurs des poudreries à m'adresser sans retard des projets de tamiseurs mécaniques destinés aux matières sortant des tonnes de trituration.

Il me sera accusé réception de la présente lettre collective, laquelle sera, en outre, portée à la connaissance du personnel sous vos ordres.

Pour le ministre :

Le sous-secrétaire d'état,

CASIMIR-PÉRIER.

N° 51.

LE BOIS BLANC CESSERA D'ÊTRE EMPLOYÉ A LA FABRICATION DES POUDRES DE GUERRE.

(Lettre collective n° 36.)

Paris, le 4 décembre 1884.

Messieurs, les difficultés éprouvées pour constituer les approvisionnements de bois de bourdaine, à une époque où la fabrication des poudres de guerre avait atteint son maximum d'intensité, m'avaient conduit à autoriser, par une circulaire n° 2772 du 14 mai 1878, l'emploi partiel du bois blanc dans la fabrication des poudres à canon.

Ces approvisionnements étant désormais assurés à des prix favo-

rables, j'ai décidé que *le bois blanc cessera absolument d'être employé à la fabrication des poudres de guerre.* Cette mesure est immédiatement applicable.

Pour le ministre :

Le sous-secrétaire d'état,

CASIMIR-PÉRIER.

N° 32.

FABRICATION DES POUDRES A CANON AUX TRITURATIONS RÉGLEMENTAIRES.

(Lettre collective n° 3.)

Paris, le 12 janvier 1885.

Messieurs, par ma lettre collective du 26 octobre 1882 (n° 57) (1), je vous ai fait connaître que, en vue d'activer la constitution des approvisionnements du service de l'artillerie, la fabrication des types de poudre de guerre à canon à trituration réduite serait substituée, à titre d'essai, à celle des types réglementaires.

Les besoins auxquels répondait le nouveau procédé de fabrication ne présentent plus aujourd'hui le même caractère d'urgence. En outre, le service de l'artillerie estime que les observations faites sur la conservation des poudres à trituration réduite n'ont pas porté sur une période de temps suffisamment longue pour qu'il soit possible de se prononcer sur leur adoption définitive.

Aussi ai-je décidé que les poudres de guerre à canon de l'artillerie de terre devront être, à l'avenir et jusqu'à nouvel ordre, fabriquées par les procédés réglementaires.

Les lots de poudre à trituration réduite, actuellement en cours de fabrication, pourront toutefois être terminés et présentés aux épreuves de recette.

Pour le ministre :

Le général, chef d'état-major général et chef du cabinet,

CH. WARNET.

---

(1) Voir 2*78.

N° 53.

DÉCRET DU 11 MARS 1885,

Relatif au fonctionnement du Laboratoire central de la marine.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Sur le rapport des ministres de la guerre et de la marine;

Vu le décret du 31 août 1881, portant création du Laboratoire central de la marine avec champ de tir annexe à Sevran-Livry;

Vu l'arrêté du 1er septembre 1881, fixant les détails d'administration de cet établissement;

Attendu que l'achèvement des travaux de première installation du champ de tir de la marine à Sevran-Livry permet de séparer plus nettement les intérêts des deux départements de la guerre et de la marine et que, dès lors, il y a lieu de fixer sur de nouvelles bases le mode d'imputation des dépenses nécessaires au fonctionnement du Laboratoire;

DÉCRÈTE :

ARTICLE UNIQUE. — L'art. 4 du décret du 31 août 1881 est rapporté et remplacé par l'article suivant :

ART. 4 (nouveau). — Les dépenses concernant l'installation et l'entretien des locaux et bâtiments sont supportées par le ministère de la marine, ainsi que les dépenses nécessaires au fonctionnement du service, y compris celles relatives au matériel d'artillerie naval employé pour les tirs et expériences.

Les dépenses relatives au matériel d'artillerie naval employé éventuellement dans les établissements du service des poudres et salpêtres autres que la poudrerie de Sevran-Livry restent, au contraire, à la charge de ce service.

Fait à Paris, le 11 mars 1885.

JULES GRÉVY.

Par le président de la République :

Le ministre de la marine, A. PEYRON.

Le ministre de la guerre, LEWAL.

N° 54.

ARRÊTÉ DU 13 MARS 1885,

Concernant l'administration du laboratoire central de la marine.

LES MINISTRES DE LA GUERRE ET DE LA MARINE,

Vu le décret du 31 août 1881 portant création du Laboratoire central de la marine;

Vu l'arrêté du 1er septembre 1881 qui a réglé les détails d'administration de cet établissement dans les conditions fixées par le décret précité;

Vu le décret du 11 mars 1885 qui a fixé sur de nouvelles bases le mode d'imputation des dépenses nécessaires pour le fonctionnement de cet établissement;

Considérant que le Laboratoire central de la marine est établi dans les locaux du Dépôt central des poudres et salpêtres et qu'il dispose en outre, comme annexes, d'un champ de tir spécial et de divers locaux contigus au champ de tir de la poudrerie de Sevran-Livry;

Attendu qu'il y a lieu de régler les relations de service résultant journellement de cette situation entre les directeurs des trois établissements intéressés, de manière à maintenir la communauté actuelle des travaux, tout en assurant la distinction des dépenses qui incombent à chacun des deux départements de la guerre et de la marine;

DÉCIDENT :

ARTICLE PREMIER. — Le directeur du Laboratoire central de la marine prête le concours de son personnel et de ses ateliers, tant à Paris qu'à Sevran, pour l'exécution des expériences et recherches qui se rattachent, soit aux travaux du service des poudres et salpêtres, soit aux études de la Commission des substances explosives.

ART. 2. — Le directeur du Laboratoire est également chargé d'assurer, à l'aide du personnel placé à cet effet sous sa direction et du matériel mis à sa disposition, conformément à l'art. 4 ci-après, l'exécution des tirs d'épreuves et d'expériences, demandés par le service des poudres et salpêtres.

Ces tirs d'épreuves et d'expériences ont lieu sous la direction du directeur de la poudrerie ou des ingénieurs délégués par lui.

ART. 3. — Les demandes de concours pour les travaux et les tirs,

prévus aux deux articles qui précèdent, sont adressées directement au directeur du Laboratoire, suivant le cas par le directeur du Dépôt central des poudres et salpêtres ou par le directeur de la poudrerie de Sevran-Livry.

ART. 4. — Le matériel d'artillerie navale nécessaire au service des deux champs de tir de Sevran-Livry est fourni par le département de la marine.

Le matériel des modèles réglementaires de la guerre, quand il est fourni par le service des poudres et salpêtres, est mis, à titre de prêt, à la disposition du Laboratoire de la marine.

ART. 5. — Les travaux d'entretien et de réparation du matériel d'artillerie navale, ainsi que les travaux de montage des projectiles et ceux de chargement et de réfection des munitions, sont exécutés par les soins du directeur du Laboratoire.

ART. 6. — Les travaux de construction et d'entretien à exécuter dans les locaux dont dispose le Laboratoire central de la marine, tant à Paris qu'à Sevran, sont préparés et exécutés par les soins du directeur du Laboratoire, conformément aux instructions données à cet effet par le département de la marine.

Ils sont soumis, avant leur exécution, à l'assentiment du département de la guerre.

ART. 7. — Les directeurs du Dépôt central des poudres et salpêtres et de la poudrerie de Sevran-Livry sont autorisés à mettre à la disposition du directeur du Laboratoire, pour être employés temporairement dans ses ateliers, tant à Paris qu'à Sevran, les ouvriers et agents spéciaux qui peuvent être nécessaires pour l'exécution des travaux de concours entrepris sur leur demande.

Art. 8. — Le directeur du Laboratoire est autorisé à demander aux directeurs du Dépôt central des poudres et salpêtres et de la poudrerie de Sevran-Livry la cession des matières existant dans les magasins de ces établissements qui peuvent être nécessaires, tant pour les travaux de concours dont il vient d'être question que pour les travaux à exécuter pour le compte du département de la marine.

ART. 9. — Les dépenses afférentes aux tirs d'épreuves et d'expériences faites par le département de la guerre sont supportées par ce département.

Les dépenses d'entretien et de réparation des chambres à sable et des champs de tirs proprement dits sont supportées par les deux départements, au prorata des tirs respectivement effectués pour chacun d'eux.

ART. 10. — Les dépenses relatives aux travaux de construction et de réparation exécutés par le Laboratoire da la marine, tant à Paris qu'à Sevran, et relatés à l'art. 6 ci-dessus, sont supportées, conformément aux prescriptions du décret du 11 mars 1885, par le département de la marine, sauf l'exception prévue à l'article précédent pour les chambres à sable et les champs de tirs proprement dits.

ART. 11. — Les dépenses résultant des travaux effectués de concert ou des cessions réciproques faites sont constatées, dans chacun des trois établissements intéressés, dans les formes prescrites et suivant les règlements en vigueur au département ministériel auquel ces établissements ressortissent.

ART. 12. — Les états de remboursement, tant pour les cessions réciproquement faites que pour les travaux effectués de concert dans les trois établissements intéressés, sont établis trimestriellement dans les formes prescrites et suivant les règlements en vigueur au département ministériel qui doit poursuivre le remboursement.

Les remboursements s'effectuent suivant le mode habituel entre les deux départements de la guerre et de la marine.

Paris, le 13 mars 1885.

Le ministre de la marine, A. PEYRON.

Le ministre de la guerre, LEWAL.

N° 55.

INCENDIE SURVENU, LE 9 OCTOBRE 1882, DANS L'USINE BINAIRE N° 4 DE LA POUDRERIE DU RIPAULT.

(Lettre collective n° 12.)

Paris, le 25 mars 1885.

Messieurs, un incendie, qui n'a causé que des dégâts matériels peu importants, s'est déclaré, le 9 octobre 1882, à la poudrerie nationale du Ripault, dans l'usine binaire n° 4, où s'était déjà produit un accident semblable le 18 novembre 1880.

Je vous adresse, ci-joints, les documents officiels relatifs à cet accident.

D'après ces documents, deux faits anormaux sont à signaler :

1° La présence simultanée dans la même usine de tonnes en fer et en bois (4 tonnes en fer et 2 tonnes en cuir);

2° L'emploi successif d'une des tonnes en fer à la trituration du binaire-soufre et du soufre seul, et celui d'une des tonnes en cuir à la trituration du binaire-salpêtre et du charbon seul.

Quant à l'origine de l'accident, elle se trouverait dans l'inflammation soit du binaire-salpêtre dans une tonne en cuir, soit du soufre seul dans une tonne en fer, et c'est à cette dernière hypothèse que M. l'inspecteur général s'est arrêté, à la suite d'une très intéressante discussion des faits.

Quoi qu'il en soit, l'accident du 9 octobre me paraît motiver les mesures suivantes, qui seront appliquées dans toutes les poudreries, sous la seule réserve de ne pas compromettre l'activité de la fabrication :

1° Les triturations isolées du soufre et du charbon dans les usines binaires sont interdites (1).

Si, pour certaines fabrications, il était nécessaire de triturer isolément les matières premières, on recourrait, pour le salpêtre et pour le soufre, à l'appareil à ventilateur employé autrefois à la

(1) La suppression des pilons, rendue définitive par ma lettre collective n° 30 du 13 septembre 1884 (p. *18), enlève désormais à ces triturations leur caractère réglementaire.

poudrerie de Metz, et, pour le charbon, à la tonne en bois et cuir, contenant des gobilles de 7^{mm}, décrite dans les instructions de l'ancienne direction des poudres et salpêtres; les appareils afférents aux trois matières seraient installés dans des locaux distincts et sans communication directe entre eux.

2° Les tonnes-binaires en cuir existant encore seront remplacées d'urgence par des tonnes en fer avec chaises en fonte, du modèle de celles qui ont été envoyées aux poudreries par Sevran-Livry (1).

3° Les prescriptions antérieures relatives à l'incombustibilité des bâtiments affectés aux triturations binaires sont maintenues.

Toutefois, les difficultés que l'on rencontre dans certaines localités pour obtenir des aires en pierre de qualité satisfaisante, et attendu la lenteur relative de la propagation de l'incendie par un plancher en bois, ces planchers continueront d'être employés conformément à la circulaire du 30 septembre 1881 (2).

Il me sera accusé réception de la présente lettre collective, et des propositions me seront adressées pour l'exécution des prescriptions qu'elle renferme.

Pour le ministre et par son ordre :

Le général, chef d'état-major général, chef du cabinet,

WARNET.

N° 56.

EXPLOSION SURVENUE, LE 20 JANVIER 1883, DANS L'USINE A MEULES N° 11 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE VONGES.

(Lettre collective n° 13.)

Paris, le 27 mars 1885.

Messieurs, l'usine à meules n° 11 de la poudrerie nationale de Vonges a fait explosion le 20 janvier 1883, pendant la trituration d'une composition de poudre C_4.

---

(1) L'interdiction de triturer successivement les deux binaires dans la même tonne est expressément rappelée et maintenue.

(2) Voir 1 *121.

L'explosion n'a pas fait de victimes et n'a causé que des dégâts matériels sans importance.

Je vous envoie, ci-joints, les documents officiels relatifs à cette explosion.

Il résulte de ces documents que l'accident paraît devoir être attribué à un déplacement accidentel de la matière, qui aurait été la conséquence d'un arrosage trop abondant.

J'invite, en conséquence, MM. les directeurs des poudreries à veiller à l'organisation méthodique de l'opération de l'arrosage des matières, de manière que chaque tine reçoive sa ration d'eau et n'en puisse recevoir davantage.

L'emploi d'appareils de suspension devant permettre, en s'opposant à tout contact des meules avec la piste, d'éviter les fâcheuses conséquences qui résultent des déplacements de matières, il convient d'étendre l'installation de ces appareils à toutes celles des usines qui n'en sont pas encore pourvues.

Vous me ferez connaître, en m'accusant réception de la présente lettre collective, les mesures que vous aurez prises pour satisfaire aux prescriptions qu'elle renferme.

Pour le ministre et par son ordre :

Le général, chef d'état-major général, chef du cabinet,

WARNET.

N° 57.

EXPLOSION SURVENUE, LE 19 AVRIL 1883, DANS LE GRENOIR A RETOUR N° 26 DE LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 21.)

Paris, le 1er juin 1885.

Messieurs, le grenoir à retour de l'usine n° 26 de la poudrerie nationale de Saint-Chamas a fait explosion, le 19 avril 1883, pendant le grenage de poussiers de chasse fine.

L'explosion n'a pas fait de victimes; le conducteur de l'usine, qui stationnait sans raison en avant du bâtiment, a seul reçu

quelques brûlures sans aucune gravité. Les dégâts matériels ont été peu importants.

Je vous envoie, ci-joints, les documents officiels relatifs à cette explosion.

En portant à la connaissance du service des poudres et salpêtres cette explosion dont la cause n'a pu être précisée, j'appelle l'attention des ingénieurs sur les mesures ci-après :

1° Défendre aux ouvriers, d'une manière expresse, de stationner ou de passer, sans nécessité, en avant des usines pendant leur marche;

2° Appliquer dans toutes les constructions et réparations d'usines à poudre les types de couvertures et de devantures établis en vue de faciliter l'expansion des gaz en cas d'explosion;

3° Remplacer, dans les grenoirs à retour, le collier cylindrique mobile dans le châssis inférieur par la boîte carrée de Sevran-Livry qui fait corps avec le châssis;

4° Substituer à la toile formant la capote des tamis un tissu incombustible.

Pour le ministre :

Le sous-secrétaire d'état,

G. CAVAIGNAC.

N° 58.

DÉCRET DU 11 JUILLET 1885,

Qui autorise la vente dans les entrepôts de la régie d'une nouvelle poudre de mine, dite pulvérin (1).

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Sur le rapport du ministre des finances;

Vu la lettre du ministre de la guerre, en date du 1er juillet 1885;

Vu la loi du 16 mars 1819;

Vu les décrets des 29 septembre 1850, 20 avril 1859 et 8 octobre 1864, fixant pour les poudres de mine les prix de vente à l'intérieur,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Indépendamment des poudres de mine

(1) *Journ. off.*, 17 juillet 1885.

dites *lente, ordinaire* et *forte,* il sera vendu dans les entrepôts de la régie une poudre de mine spéciale, dite *pulvérin,* destinée exclusivement à la consommation des artificiers patentés.

Le prix de vente de cette poudre est fixé à 1^{fr}, 50 le kil.

ART. 2. — Le ministre des finances est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois.*

Fait à Paris, le 11 juillet 1885.

JULES GRÉVY.

Le ministre des finances,

SADI CARNOT.

N° 59.

LIVRAISON DE PULVÉRIN AUX ARTIFICIERS.

(Lettre collective n° 28.)

Paris, le 3 août 1885.

Messieurs, l'attention de M. le ministre des finances a été appelée sur les conditions irrégulières dans lesquelles un grand nombre d'artificiers confectionnent les mélanges explosifs qui leur sont nécessaires pour la préparation de leurs produits. Ces mélanges sont, en effet, pour la plupart, des poudres plus ou moins analogues à la poudre noire, et la base de ces fabrications est généralement constituée par un pulvérin dit *flamboyure,* à l'ancien dosage de guerre, lequel est ensuite soumis à des surdosages variables.

En attendant que la question de la fabrication des artifices fasse l'objet d'une réglementation d'ensemble, qui est actuellement à l'étude, j'ai, sur la demande de mon collègue, décidé qu'il serait désormais mis, par les poudreries nationales, à la disposition des entrepôts de la régie, une poudre de mine spéciale dite *pulvérin,* destinée à être livrée à la consommation des artificiers patentés, au prix de 1^{fr}, 50 le kilogramme, fixé par un décret en date du 11 juillet 1885 (1).

---

(1) Voir ci-dessus, *28.

L'exécution de cette mesure ne présente aucune difficulté. Il y aura lieu seulement de se préoccuper du tamisage du pulvérin et de son répandage à l'extérieur des barils, inconvénient qui sera facilement évité au moyen de quelques précautions très simples.

La poudre sera au dosage de 75 de salpêtre, 12,50 de soufre et 12,50 de charbon ordinaire de mine, et sera obtenue au moyen de triturations binaires et ternaires opérées dans les conditions suivantes :

DÉSIGNATION du mélange.	CHARGEMENT en matières.			en gobilles.	VITESSE par minute.	DURÉE de trituration.
		kg	kg	kg	tours	h
Binaire-salpêtre	Salpêtre	112,500	120	150 (1)	25	4
	Charbon	7,500				
Binaire-soufre	Soufre	56,250	90	150 (1)	25	6
	Charbon	33,750				
Ternaire	Binaire-salpêtre.	40	50 (2)	30 (3)	20 à 22	3
	Binaire-soufre	10				

3 tonnes de binaire-salpêtre et 1 tonne de binaire-soufre donnent 450kg de matière.

(1) Gobilles en bronze de 10mm à 15mm.
(2) Par compartiment.
(3) Gobilles en bois dur de 3cm à 5cm de diamètre par compartiment.

La poudre sera renfermée dans des sacs imperméables et dans des barils dits de 50kg qui, en raison de la faible densité gravimétrique du pulvérin, n'en contiendront que 35kg.

Les sacs seront, au début, expédiés aux directeurs des poudreries, sur leur demande, par les soins de leur collègue de la poudrerie de Sevran-Livry.

L'opération de l'enfonçage comporte seule certaines précautions spéciales, en vue d'éviter absolument la présence à l'extérieur du baril du pulvérin qui pourrait compromettre la sécurité des magasins et des transports.

Cet inconvénient sera écarté de la manière suivante :

Avant d'être porté au pesage, le baril sera introduit dans une

chemise, et recevra à l'intérieur le sac imperméable; puis, sac et chemise seront rabattus et ficelés un peu au-dessous du bord supérieur du baril (voir le croquis ci-dessous). Le pulvérin ayant en-

Fig. 1.

suite été versé et pesé, le sac soigneusement fermé, la chemise sera enlevée et l'enfonçage se terminera comme d'habitude.

A cause de son imperméabilité, le sac en toile caoutchoutée forme soufflet, et, pour éviter le répandage du pulvérin à l'intérieur du baril, pendant les transports, il est nécessaire d'ajouter une deuxième ligature à 5 ou 6^{cm} au-dessus de la ligature ordinaire.

Pour le ministre :

Le sous-secrétaire d'état,

G. CAVAIGNAC.

N° 60.

ARBRE FOUDROYÉ, LE 1er AOUT 1885, A LA POUDRERIE D'ANGOULÊME.

(Lettre collective n° 35.)

Paris, le 16 octobre 1885.

Messieurs, tous les faits pouvant entraîner des explosions de bâtiments à poudre présentant un grand intérêt pour les poudreries, je crois utile de porter à votre connaissance les effets d'un coup de foudre qui s'est produit dans le voisinage d'une usine à meules de la poudrerie nationale d'Angoulême et dont le directeur de cet établissement m'a rendu compte dans les termes suivants :

Le 1er août, vers 4h 30m du matin, la foudre a frappé un gros acacia (2m, 30 de circonférence au tronc), planté sur le merlon voisin de l'usine n° 30. Le fluide s'est porté sur la branche la plus élevée qu'il a attaquée de 4 à 5m du sommet. De là, suivant des branches successives, le trait de foudre est descendu sur le tronc jusqu'à 1m au-dessus du sol, où sa trace s'évanouit.

L'itinéraire suivi n'est pas rectiligne : divers obstacles, des nœuds, des branches implantées, ont obligé la foudre à décrire une hélice, le long de laquelle l'écorce, y compris le liber, est enlevée. La branche foudroyée est rompue à quelques mètres de l'origine du foudroiement; cette rupture paraît avoir été causée par la foudre, car les surfaces du bois sont couvertes, même à l'intérieur, d'une teinte grisâtre, qu'on ne retrouve pas, il est vrai, sous les lambeaux d'écorce détachée au-dessous et au-dessus.

Les surfaces dénudées, quoique parfaitement blanches et encore humides de sève, sont parsemées de fissures verticales plus ou moins profondes.

Un ouvrier de service à l'usine à meules n° 30 était occupé à manœuvrer la vanne de garde et par conséquent à 12m environ de l'arbre. Il a eu la sensation d'une vive lumière, mais n'a ressenti aucune commotion. Au bruit de la détonation il s'est enfui et n'est revenu que quelques minutes après pour mettre les meules en marche.

Les meules nos 29-30 sont deux usines contiguës, séparées par un cabinet commun aux deux turbines. Elles sont pourvues d'aigrettes Melsens, plantées sur deux grillages de 2m, 50 de hauteur rampant sur les deux pignons mitoyens du cabinet. La distance de l'aigrette la plus voisine au point le plus élevé du trait de foudroiement est de 12m en plan et de 6 à 7m suivant la verticale. Les portants des aigrettes sont reliés par un fil métal-

lique de 6^{mm} de diamètre, aboutissant à une plaque de cuivre immergée dans le canal de fuite. Ces paratonnerres ont peut-être fonctionné, mais les apparences ne l'indiquent pas.

L'orage venait à peine de naître et la pluie commençait à tomber, quand le coup de tonnerre a retenti.

Ce coup de foudre montre que les plus grands arbres des poudreries sont encore les meilleurs de nos paratonnerres. Un homme, une usine contenant plus de 25 000^{kg} de métaux, bons conducteurs, ont été, dans la circonstance, parfaitement protégés.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 61.

MISE EN VENTE DE NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE.

(Lettre collective n° 36.)

Paris, le 23 octobre 1885.

Messieurs, les types actuels de poudres de chasse, dont la fixation remonte à plus de 40 ans, ne correspondent plus suffisamment aux conditions d'emploi des armes nouvelles.

Des recherches méthodiques et prolongées ont été entreprises dans les poudreries nationales, en vue de déterminer la série des nouveaux types qu'il conviendrait d'adopter et les conditions de la mise en vente de ces types.

Ces recherches, résumées dans la notice ci-jointe (1), m'ont conduit à décider, de concert avec mon collègue du département des finances, la création de deux catégories de poudres, dites *ordinaire* et *forte,* destinées à remplacer les types actuels de poudre *fine* et *superfine,* et comprenant chacune 4 numéros distincts différant par la grosseur des grains. La poudre dite *extrafine* con-

(1) Voir ci-après les lettres collectives n° 16 du 9 février 1886 et n° 5 du 14 mars 1887.

tinuera d'être mise à la disposition des consommateurs, bien que son équivalent se trouve compris dans les nouveaux types.

De nouveaux modèles de boîtes ont également été établis.

J'invite les directeurs des poudreries à mettre immédiatement en fabrication, à titre d'essai, 500^{kg} de chacun des 8 types de poudres de chasse des deux catégories (ordinaire et forte), qui devront être, dès le commencement de l'année prochaine, mis à la disposition des consommateurs. Le détail des opérations de la fabrication et les résultats des épreuves exécutées sur les échantillons feront l'objet d'un rapport spécial qui me sera adressé au plus tard le 1er décembre prochain.

Un premier échantillon de 1^{kg} de chaque type sera adressé au Dépôt central des poudres et salpêtres, qui me fera connaître par un rapport spécial les résultats comparatifs obtenus.

Cet établissement sera, en outre, chargé d'envoyer aux poudreries les séries de boîtes du nouveau modèle, en vue de procéder aux essais d'emballage à exécuter sur une partie des échantillons fabriqués.

Pour le ministre,

Le sous-secrétaire d'état.

G. CAVAIGNAC.

N° 62.

DOSAGE DE LA POUDRE ORDINAIRE DE COMMERCE EXTÉRIEUR.

(Lettre collective n° 40.)

Paris, le 16 novembre 1885.

Messieurs, l'*Instruction sur la fabrication des poudres de commerce extérieur,* jointe à ma lettre collective du 12 octobre 1882 (n° 55) (1), fixe le dosage de la poudre ordinaire à 62 de salpêtre, 15 de soufre, 23 de charbon.

Comme il s'agissait de mettre notre commerce d'exportation en situation de lutter contre la concurrence étrangère, il avait paru

---

(1) Voir 2, *74.

nécessaire de reproduire, par l'adoption de ce dosage, les conditions en usage pour les poudres étrangères, et notamment pour les poudres anglaises.

Or la substitution du dosage de poudre de mine ordinaire (1) au dosage anglais offrirait de sérieux avantages au double point de vue de l'économie et de la facilité du travail.

En effet, le prix de revient du soufre est généralement inférieur à celui du charbon : il y a donc un intérêt pécuniaire à augmenter la proportion relative du premier.

En outre, l'exagération de la quantité de charbon exige, au travail des meules, un taux d'humidité assez fort et, par suite, un essorage ultérieur d'autant plus long.

Enfin, des expériences comparatives exécutées récemment à la poudrerie de Saint-Chamas sur des échantillons de poudres aux deux dosages ont montré que ces échantillons sont au moins équivalents au point de vue des qualités physiques et balistiques, et que l'échantillon au dosage de mine est même supérieur quant à l'aspect, qualité qui est en général la plus recherchée par les armateurs.

Il importe, d'ailleurs, de remarquer que l'identité des dosages de mine et de commerce extérieur permettrait, à l'occasion, de passer de l'une à l'autre fabrication et de réaliser ainsi de notables économies de temps et d'argent.

Pour tous ces motifs, j'ai décidé que le dosage de la poudre ordinaire de commerce extérieur, dite n° 2, sera à l'avenir celui de la poudre de mine ordinaire, savoir : 62 de salpêtre, 20 de soufre, 18 de charbon.

Pour le ministre,

Le sous-secrétaire d'état,

G. CAVAIGNAC.

---

(1) 62 de salpêtre, 20 de soufre, 18 de charbon.

N° 63.

DÉCRET DU 2 DÉCEMBRE 1885,

Fixant le prix des poudres de chasse et de mine pour la Tunisie.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

Vu la loi du 13 fructidor an V;
Vu l'ordonnance du 25 mars 1818;
Vu la loi du 16 mars 1819;
Vu l'ordonnance du 19 juillet 1829;
Vu les décrets des 29 septembre 1850 et 10 mai 1872 qui ont fixé le prix de vente des poudres de chasse destinées à l'exportation;
Sur le rapport du ministre des finances;

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Le prix des poudres de chasse fine, superfine et extrafine et des poudres de mine, que la régie des contributions indirectes livrera, sous le régime de l'exportation, au gouvernement de la Tunisie, est fixé ainsi qu'il suit (y compris l'emballage et les frais de transport jusqu'à Marseille, mais non les frais de transport de Marseille à Tunis) :

		fr	
Poudres de chasse en boîtes de 500gr.....	Fine.....	1,80	le kil.
	Superfine.....	2 »	»
	Extrafine.....	2,20	»
Poudre de mine ordinaire.	En barils de 10 et de 20kg.	0,90	le kil.
	En barils de 2 et de 5kg....	1 »	»

ART. 2. — Le ministre des finances est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 2 décembre 1885.

JULES GRÉVY.

Par le président de la République,
Le ministre des finances,
SADI CARNOT.

N° 64.

RAPPORT AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Ayant pour but de mettre l'organisation administrative du service des poudres et salpêtres en harmonie avec les principes posés dans la loi du 16 mars 1882.

Paris, le 15 décembre 1885.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Dans le but de mettre l'organisation administrative du service des poudres et salpêtres en harmonie avec les principes posés dans la loi du 16 mars 1882 et de séparer la direction de la gestion, le décret du 19 février 1883 a confié la gestion des établissements à un conseil d'administration, en a exclu les ingénieurs placés à la tête de ces établissements et ne leur a laissé qu'une action d'ordre général sur la marche du service.

Pour faire fonctionner cette organisation, il aurait fallu donner au cadre des ingénieurs une extension qui n'est pas justifiée par les besoins du service. Aussi, sur plusieurs points, les conseils d'administration n'ont pu être constitués; de plus, l'expérience a démontré que l'ingénieur, placé à la tête d'un établissement, ne peut se borner au rôle de surveillance et de direction générale que le décret de 1883 lui avait attribué : par la force des choses, il est conduit à entrer dans les détails, à donner tous les ordres et à prendre une part active dans l'exécution du service, à laquelle il devrait rester étranger.

Il importe donc de modifier cette situation.

La dissémination des établissements du service des poudres et leur nombre restreint ne justifient pas la création de directeurs locaux munis de la délégation ministérielle. C'est à l'administration centrale que s'exerce, en réalité, la direction du service, telle que la loi de 1882 l'a définie, et les ingénieurs doivent reprendre leurs attributions normales, qui consistent à assurer l'exécution du service.

Quant aux conseils d'administration, leur gestion, surtout en ce qui touche au matériel, n'a jamais été effective, et il est résulté des dispositions réglementaires qui les concernent une certaine confusion dans la délimitation des responsabilités.

Il me paraît préférable de les supprimer et de constituer, près du chef de l'établissement, un conseil composé de tous les ingénieurs, qui sera chargé d'émettre un avis sur les projets de toute nature, sur leur exécution et sur les résultats obtenus, et de vérifier les dépenses qu'ils ont occasionnées.

Mon administration trouvera dans les délibérations de ce conseil de précieux éléments d'appréciation sur la marche du service.

Les matières seront confiées à un comptable qui en sera responsable envers l'état, et les payements qui ne feraient pas l'objet de mandats directs seront acquittés par un agent qui recevra des avances à cet effet.

Quant à l'ordonnancement des dépenses, il sera dévolu au chef de l'établissement, qui ne se trouve dans aucun des cas d'incompatibilité prévus dans les règlements sur la comptabilité publique.

Telles sont, Monsieur le président, les lignes principales de l'organisation proposée. Elle a été complétée par une définition, aussi précise que possible, des responsabilités pécuniaires qui peuvent être encourues par application des principes posés dans les art. 11 et suivants de la loi du 16 mars 1882.

Si vous daignez approuver ces dispositions, j'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien revêtir de votre signature le projet de décret ci-annexé.

Veuillez agréer, Monsieur le président, l'hommage de mon respectueux dévouement.

Le ministre de la guerre,

Signé : E. CAMPENON.

DÉCRET DU 15 DÉCEMBRE 1885,

Qui met l'organisation administrative du service des poudres et salpêtres en harmonie avec les principes posés dans la loi du 16 mars 1882, sur l'administration de l'armée.

Paris, le 15 décembre 1885.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu l'article 14 de la loi du 24 juillet 1873;

Vu l'article 11 de la loi du 13 mars 1875, sur la constitution des cadres de l'armée;

Vu la loi du 16 mars 1882, sur l'administration de l'armée;

Vu le décret du 31 mai 1862, sur la comptabilité publique, et le règlement du 3 avril 1869, sur la comptabilité du département de la guerre;

Vu le décret du 19 novembre 1871 sur la comptabilité matières;

Vu le décret du 9 mai 1876 sur l'organisation et les attributions du corps des ingénieurs des poudres et salpêtres;

Vu le décret du 19 février 1883, portant règlement pour l'application de la loi du 16 mars 1882 dans le service des poudres et salpêtres;

Vu le décret du 3 juillet 1883, relatif au classement des établissements d'intérêt général;

Sur le rapport du ministre de la guerre,

DÉCRÈTE :

TITRE PREMIER.

DIRECTION DU SERVICE.

ARTICLE PREMIER. — Les établissements du service des poudres et salpêtres sont placés sous la direction immédiate du ministre de la guerre.

TITRE II.

EXÉCUTION DU SERVICE.

CHAPITRE PREMIER.

DU CHEF DE L'ÉTABLISSEMENT.

Attributions.

ART. 2. — Dans chaque établissement, l'ingénieur du grade le plus élevé ou, à égalité de grade, le plus ancien est le chef de cet établissement.

Il est placé sous l'autorité immédiate du ministre, avec qui il correspond directement.

Il a sous ses ordres tout le personnel de l'établissement et il est chargé de veiller à ce que chacun s'acquitte des fonctions et attributions qui lui sont dévolues.

ART. 3. — Il reçoit les ordres et instructions du ministre concernant l'établissement et il en assure l'exécution.

Il règle la répartition du service entre lui et les ingénieurs sous ses ordres.

Il ordonne les travaux et il conserve le direction supérieure de ceux qu'il ne s'est pas réservés.

Il fait préparer et transmet au ministre, avec l'avis du conseil de l'établissement (art. 19), les états de prévision des dépenses, les projets, cahiers des charges et devis pour fournitures et travaux de toute nature, les projets pour achat ou échange d'immeubles et les marchés.

ART. 4. — Il a seul qualité pour engager les dépenses et pour autoriser les entrées et les sorties de matériel.

ART. 5. — Il doit assurer la conservation des propriétés dépendant de l'établissement, ainsi que des droits de l'état.

ART. 6. — Il est chargé de la vérification de la caisse de l'agent spécial et du recensement des matières existant, soit dans les magasins, soit dans les ateliers. Il dresse, le cas échéant, procès-verbal de ces opérations.

Il constate également par procès-verbal les pertes résultant d'explosion, d'incendie ou de toute autre cause.

Il surveille la tenue des écritures générales et auxiliaires du service, et il en vérifie l'exactitude.

Il vise, après vérification, les comptes de gestion des matières et les pièces justificatives à l'appui.

ART. 7. — Il est ordonnateur secondaire du département de la guerre pour les dépenses du personnel et du matériel relatives au service des poudres et salpêtres.

Responsabilité.

ART. 8. — Comme chef de l'établissement, il peut être rendu pécuniairement responsable par le ministre :

1° De la légalité des payements qu'il ordonne ou autorise;

2° De toute mesure entraînant dépense pour l'état, qu'il aurait prescrite ou autorisée en dehors des dispositions réglementaires ou des instructions du ministre de la guerre.

ART. 9. — Comme ordonnateur, il est également responsable :

1° De la remise aux ayants droit des extraits d'ordonnance qu'il reçoit du ministre et des mandats de payement qu'il délivre;

2° Des mandats d'avances délivrés par lui, quand le montant de ces avances dépasse le maximum fixé ou quand il n'exige pas qu'il soit justifié de leur emploi dans les délais réglementaires.

CHAPITRE II.

DES INGÉNIEURS.

Attributions.

ART. 10. — Les ingénieurs, sous-ingénieurs et élèves-ingénieurs dirigent les travaux de toute nature, sous la surveillance et l'autorité supérieure du chef de l'établissement et suivant la répartition arrêtée par lui.

Ils ont, à cet effet, sous leurs ordres immédiats les divers personnels et les ouvriers affectés au service qui leur est attribué.

ART. 11. — Ils font prendre en magasin, sur bons signés par les chefs d'ateliers et visés par eux, les matières et objets nécessaires à la fabrication ; ils en surveillent la conservation et l'emploi. Ils font verser en magasin les produits et les résidus de la fabrication.

Ils s'assurent fréquemment de la présence du personnel sous leurs ordres.

Ils font tenir les feuilles de journées et de travaux ; ainsi que les écritures auxiliaires des ateliers, notamment celles qui ont pour objet la justification de l'emploi de la main-d'œuvre et du matériel mis à leur disposition et la détermination des prix de revient des produits obtenus.

Ils certifient les feuilles de journées et de travaux, les pièces comptables constatant les résultats des transformations et fabrications et les comptes rendus d'exécution.

ART. 12. — En ce qui concerne les travaux de construction ou de réparation des bâtiments, l'ingénieur qui les dirige est chargé, sous la surveillance du chef de l'établissement, de s'assurer de leur bonne exécution et de tenir les écritures destinées à en établir la nature et l'importance.

Il certifie l'exactitude de ces écritures.

ART. 13. — Les ingénieurs chargés de la conduite des travaux ne peuvent apporter aucune modification à la nature ou au mode d'exécution de ceux qui sont prescrits, sans l'autorisation du chef de l'établissement

Responsabilité.

ART. 14. — Ils peuvent être rendus pécuniairement responsables par le ministre :

1° Des quantités et de la conservation des matières et objets de toute nature qu'ils ont reçus du magasin dans leurs ateliers ou chantiers, jusqu'à leur réintégration en magasin ou jusqu'à la justification de leur emploi ;

2° De toute mesure entraînant dépense pour l'État qu'ils auraient pres-

crite ou autorisée, dans les services qu'ils dirigent, en dehors des dispositions réglementaires ou des instructions du chef de l'établissement.

ART. 15. — Les dispositions du présent Chapitre sont applicables aux chefs des établissements en ce qui concerne les services dont ils ont conservé la direction immédiate.

CHAPITRE III.

DU CONSEIL DE L'ÉTABLISSEMENT.

Composition.

ART. 16. — Dans les établissements du service des poudres et salpêtres, il est constitué un conseil composé :

Du chef de l'établissement, président ;

Des ingénieurs, sous-ingénieurs et élèves-ingénieurs attachés d'une manière permanente à l'établissement.

L'agent spécial remplit les fonctions de secrétaire, sans voix délibérative.

ART. 17. — Dans les établissements où il n'y a qu'un seul membre du corps des ingénieurs, il est investi des attributions et fonctions du conseil.

ART. 18. — Le président signe la correspondance du conseil.

Il vise les pièces justificatives des payements faits par l'agent spécial.

Il prépare les marchés à passer pour le service de l'établissement.

ART. 19. — Le conseil émet son avis sur les états de prévision des dépenses, sur les salaires à la journée ou à la tâche, quand ils n'ont pas été fixés par le Ministre, ainsi que sur les cahiers des charges et devis pour fournitures et travaux de toute nature concernant l'établissement.

ART. 20. — Il vérifie les pièces justificatives des dépenses produites par l'agent spécial. Il certifie les extraits à faire de ces pièces.

Il arrête périodiquement les écritures de l'agent spécial et les états généraux des dépenses.

ART. 21. — Il vérifie et arrête les comptes rendus d'exécution faisant ressortir les prix de revient des produits obtenus.

Il émet son avis sur les causes des différences entre ces comptes rendus et les états de prévision, ainsi que sur l'origine des excédents ou déficits provenant des transformations.

ART. 22. — Il est représenté par un de ses membres aux adjudications publiques relatives au service de l'établissement.

Il passe, en séance, les marchés qui ne font pas l'objet d'adjudications publiques.

Si ces marchés sont passés avec concours restreint, il arrête la liste des personnes admises à soumissionner.

ART. 23. — Il procède ou fait procéder à la réception, sous le rapport de la qualité, des fournitures faites à l'établissement ainsi qu'à celle des produits de transformation qui ne doivent pas être soumis à des commissions spéciales, en se conformant aux cahiers des charges et aux règles posées par le ministre.

Il signe les procès-verbaux de réception.

Séances.

ART. 24. — Le conseil se réunit sur la convocation du président adressée aux membres présents dans l'établissement.

Il ne peut délibérer qu'en séance.

ART. 25. — Le président seul met les affaires en délibération. Toutefois la proposition faite par un membre du conseil doit être mise en délibération, si la majorité décide qu'il y a lieu de la discuter.

ART. 26. — Les décisions sont prises à la majorité des voix. Les membres les moins élevés en grade ou, à égalité de grade, les moins anciens opinent les premiers.

S'il y a partage égal d'avis, la voix du président est prépondérante.

ART. 27. — Chaque séance du conseil est constatée par un procès-verbal, en tête duquel sont désignés les noms et grades des membres présents. Ce procès-verbal est signé au registre des délibérations, séance tenante.

Les membres qui n'adhèrent pas à l'avis de la majorité ont le droit de consigner à la suite du procès-verbal, en séance, les motifs de leur opposition. Dans ce cas, ils ne sont pas passibles de la responsabilité que peut entraîner la décision à laquelle ils n'ont pas adhéré.

ART. 28. — Si une délibération est prise contrairement à l'avis du président, il peut, soit en suspendre l'exécution, soit, en cas d'urgence, passer outre, sauf à en rendre compte immédiatement au ministre.

Responsabilité.

ART. 29. — Le conseil peut être rendu pécuniairement responsable, par le ministre, des marchés qu'il aurait passés en dehors des ordres ou contrairement aux instructions du ministre.

CHAPITRE IV.

DE L'AGENT SPÉCIAL.

Attributions.

ART. 30. — Dans chaque établissement, un commis remplit les fonctions d'agent spécial.

Il tient, sous la surveillance du conseil d'administration, les écritures relatives à la comptabilité en deniers de l'établissement.

Il est chargé du payement de toutes les dépenses qui ne sont pas acquittées par mandats directs. Il reçoit, à cet effet, des avances en argent, dont il justifie suivant les prescriptions réglementaires.

Il ne peut effectuer aucun payement sans l'autorisation du chef de l'établissement.

ART. 31. — L'agent spécial tient les écritures relatives à l'ordonnancement, sous la direction du chef de l'établissement.

Il est secrétaire du conseil d'administration.

Responsabilité.

ART. 32. — En qualité d'agent spécial de l'établissement, il peut être rendu pécuniairement responsable par le ministre :

1° Du montant des avances qu'il a reçues jusqu'à ce qu'il ait justifié de leur emploi ;

2° De tout payement fait sans autorisation préalable, ainsi que de toutes erreurs de calcul, omissions, fausse application des tarifs de prix de journées, doubles emplois, surcharges et altérations d'écritures.

CHAPITRE V.

DU COMPTABLE EN MATIÈRES.

Attributions.

ART. 33. — Un commis est comptable envers l'état des matières et objets de toute nature existant dans chaque établissement.

ART. 34. — Il tient, sous la surveillance du chef de l'établissement, les écritures relatives à la comptabilité matières.

Il constate les quantités de matériel reçu et il en prend charge.

Il prend ou provoque les mesures nécessaires pour assurer la conservation du matériel en magasin.

Il délivre aux ateliers, sur les bons signés par les chefs d'ateliers et visés par les ingénieurs, les matières et objets nécessaires au service. Il

reçoit en magasin les produits et résidus de la fabrication et il en prend charge.

Il passe écriture des mouvements de matériel résultant des fabrications et transformations, conformément aux pièces justificatives qui sont établies par les ingénieurs chargés de la conduite des travaux et certifiées par eux.

ART. 35. — Il ne doit faire aucune entrée ni aucune sortie sans l'autorisation du chef de l'établissement.

Responsabilité.

ART. 36. — Il peut être rendu pécuniairement responsable par le ministre :

1° Des quantités et de la conservation du matériel dont il est comptable, dans les conditions définies au titre 2 du décret du 19 novembre 1871, sauf pour la portion de ce matériel régulièrement délivrée aux ateliers (art. 11);

2° Des sorties de matériel faites sans autorisation, des omissions de recettes, erreurs de calcul, doubles emplois, surcharges et altérations d'écritures.

CHAPITRE VI.

DES CHEFS D'ATELIERS.

ART. 37. — Les chefs d'ateliers reçoivent du magasin, en échange de bons signés par eux et visés par les ingénieurs, les matières et objets nécessaires au service et ils en sont responsables envers ces derniers.

Ils tiennent, sous la direction des ingénieurs, toutes les écritures intérieures des ateliers.

TITRE III.

CONTROLE DU SERVICE.

ART. 38. — Le service des établissements des poudres et salpêtres est, dans toutes ses parties, soumis au contrôle des membres du corps du contrôle de l'administration de l'armée, conformément à la loi du 16 mars 1882 et au décret du 28 octobre de la même année.

TITRE IV.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

ART. 39. — Un règlement ministériel développera les principes posés dans le présent décret pour le fonctionnement du service intérieur des

établissements et déterminera les formes de la comptabilité spéciale à tenir sous la direction des ingénieurs chargés de la conduite des travaux, dans le but d'établir, pour chaque fabrication, la dépense en main-d'œuvre, la dépense en matières, la part des frais généraux afférents à cette fabrication et le prix de revient des produits obtenus.

ART. 40. — Toutes les dispositions contraires au présent décret sont abrogées.

ART. 41. — Les dispositions contenues dans le présent décret entreront en vigueur le 1er janvier 1886.

Fait à Paris, le 15 décembre 1885.

JULES GRÉVY.

Par le président de la République :

Le ministre de la guerre,

E. CAMPENON.

N° 65.

EXPLOSION SURVENUE, LE 21 AVRIL 1883, DANS LE SÉCHOIR DE MINE N° 74 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 42.)

Paris, le 30 décembre 1885.

Messieurs, le séchoir de mine n° 74 de la poudrerie nationale de Saint-Chamas a fait explosion le 21 avril 1883, vers $10^h 30^m$ du soir, causant la mort d'un ouvrier.

Cette explosion a été d'une grande violence et a pris le caractère d'un véritable désastre, par suite de la communication du feu à un grand nombre d'ateliers et de dépôts environnants.

La cause de l'accident paraît devoir se trouver dans la chute d'une flammèche, qui, sortie de la cheminée de la chaufferie, distante de 40^m seulement, aurait mis le feu soit à la poudre contenue dans le séchoir, soit au poussier répandu sur la toiture ou sur les murs de l'usine. Quant au développement qu'a pris l'explosion, il a été la conséquence fatale de l'accumulation des bâtiments à poudre sur un espace insuffisant. C'était là un danger prévu depuis

la reprise de possession de la poudrerie par le service des poudres en 1879, et heureusement déjà en partie conjuré par les améliorations qu'a permis d'apporter à l'assiette de l'établissement le remaniement général en cours d'exécution.

Le personnel supérieur et le personnel ouvrier de l'établissement ont montré, dans cette circonstance, le zèle et le dévouement qu'on était en droit d'en attendre.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 66.

ACCIDENT SURVENU A L'USINE A MEULES N° 5 DE LA POUDRERIE DE SAINT-MÉDARD.

(Lettre collective n° 43.)

Paris, le 31 décembre 1885.

Messieurs, un malheureux accident est arrivé, le 28 mai 1883, à $9^h 15^m$ du matin, dans l'usine à meules n° 5 de la poudrerie nationale de Saint-Médard.

Le conducteur de cette usine, le sieur Lagoffun, poudrier de première classe, a été trouvé étendu sans vie auprès du socle des meules, le bras droit broyé et le crâne fracturé.

Sur la piste se trouvaient les débris d'une balayette à long manche, dont l'état de division indiquait qu'elle avait subi un assez grand nombre de passages de meules.

Le bassin à l'huile, qui suit le repoussoir extérieur, était légèrement faussé et soulevé, et une des lanières qui le maintiennent était cassée.

La victime, tenant de la main droite la balayette et de la gauche la tige du repoussoir extérieur, était évidemment occupée à nettoyer le plateau central, quand elle aura glissé par suite d'un étourdissement, d'un faux pas, ou en voulant ressaisir la balayette qui se serait échappée de sa main; le bras droit a été pris sous la meule qui suit le repoussoir extérieur; l'épaule est venue heurter et dé-

placer le bassin à huile, et le crâne, frappant violemment le bord de la cuvette, a été fracturé. Le corps a fait au moins un tour de piste avant de tomber sur le sol de l'usine.

En outre des accidents plus anciens, la circulaire n° 2150 du 18 décembre 1876 a signalé un accident identique arrivé à la poudrerie de Toulouse, le 20 novembre précédent, et, l'année suivante (circulaire n° 5897 du 7 décembre 1877), le sieur Noyelles a eu, à la poudrerie de Sevran-Livry, l'avant-bras droit broyé par une meule, en voulant ressaisir un arrosoir qui lui était échappé de la main.

La fréquence de ces accidents ne laisse pas de doute sur le danger qui résulte de la faible hauteur du rebord du bassin au-dessus du sol, et diverses recommandations ont été précédemment faites pour remédier à cette cause de danger.

La circulaire du 18 décembre 1876 a recommandé que l'ouvrier ne suivît pas le mouvement des meules sans « tenir solidement d'une main la tringle du repoussoir extérieur », et prescrit, pour le nettoyage du plateau central, l'emploi d'une balayette à long manche.

La circulaire du 7 janvier suivant a signalé un dispositif qui permet d'opérer mécaniquement ce nettoyage.

Enfin une autre circulaire du 18 décembre de la même année a prescrit le retour général à l'arrosage mécanique.

Or il semblait que, en dehors de ces deux dernières opérations, il n'existait aucune nécessité pour l'ouvrier de suivre le mouvement des meules; il y avait donc lieu de penser que la cause de l'accident du 28 mai 1883 était susceptible d'être écartée.

Le directeur de la poudrerie, à la suite de l'accident du 28 mai, a proposé de fixer, au bout de la moise supérieure, une poignée destinée à être saisie par la main de l'ouvrier quand, dans l'exécution de son travail, il suit le mouvement des meules.

Ce dispositif, établi vers 1856 à la poudrerie de Metz, non pas sur l'extrémité de la moise supérieure, où il se trouverait précisément à la hauteur du visage de l'ouvrier et pourrait le gêner ou le heurter, mais sur la tige du repoussoir, à une hauteur d'environ $1^{m},25$ au-dessus du plancher de l'usine, était uniquement destinée à faciliter le soulèvement et la mise à la cheville du repoussoir; je ne verrais donc aucun inconvénient à l'addition de cette poignée,

bien qu'elle ne semble pas pouvoir être saisie plus facilement que la tige du repoussoir.

Dans tous les cas, ce serait un palliatif insuffisant, et un remède efficace ne peut se trouver que dans l'exhaussement du rebord du bassin ou dans l'installation à une hauteur convenable d'un garde-corps fixe ou mobile avec le mécanisme, ou mieux encore dans un perfectionnement de l'appareil, en vue de la suppression des opérations manuelles jusqu'ici jugées nécessaires pour compléter le travail mécanique des meules.

Quoi qu'il en soit, il importe que la question soit étudiée et résolue, de façon à éviter absolument le retour d'accidents semblables à celui du 28 mai 1883, et j'invite les directeurs à me soumettre d'urgence les propositions que cette étude leur aura suggérées.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 67.

EXPLOSION SURVENUE, LE 11 JUIN 1883, A L'USINE A MEULES N° 17 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 15)

Paris, le 4 janvier 1886.

Messieurs, une explosion s'est produite, le 11 juin 1883, à l'usine à meules n° 17 de la poudrerie nationale de Saint-Chamas.

Il n'y a pas eu de victime, et les dégradations sont peu importantes.

Je vous adresse, ci-joints, les documents officiels relatifs à cet accident.

Il résulte de ces documents que l'explosion paraît avoir eu pour origine un choc entre la meule et le grattoir, déplacé par un afflux de matière venant s'accumuler entre la meule et le repoussoir.

Cette accumulation peut avoir été provoquée ou facilitée par quatre causes distinctes : 1° l'état de la piste, qui était extrême-

ment lisse; 2° la suspension des meules, qui crée une tendance au glissement de l'appareil, dès qu'il se produit une solution de continuité dans la couche de poudre; 3° un excès d'humidité de la matière, résultant des irrégularités inhérentes au mode d'arrosage à la main; 4° l'excès ou les variations de la vitesse des meules, résultant du mode d'alimentation des grandes roues hydrauliques de la poudrerie de Saint-Chamas.

Il ressort de là que, si la suspension des meules présente le grand avantage de prévenir, dans tous les cas, la chute directe des appareils sur la piste, elle ne constitue une garantie réellement efficace contre les chances d'explosion que si l'on a soin d'éliminer toutes les causes qui seraient de nature à favoriser une accumulation de matières sur la piste.

J'ai décidé, en conséquence, que des mesures devront être immédiatement prises : 1° pour la modification ou le remplacement des pistes reconnues trop lisses; 2° pour la substitution de l'arrosage mécanique aux arrosages à la main; 3° pour la régularisation du mouvement des usines à meules qui sont exposées à des variations de vitesses excessives.

Je vous prie, Messieurs, de m'accuser réception de la présente lettre collective et de me faire connaître les mesures que vous comptez prendre pour assurer l'exécution des instructions qu'elle renferme.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 68.

INFLAMMATION SPONTANÉE DE CHARBON SURVENUE LE 20 JUILLET 1883 DANS LE BATIMENT *b* DE LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 2.)

Paris, le 5 janvier 1886.

Messieurs, un cas d'inflammation spontanée de charbon s'est produit, le 20 juillet 1883, à la poudrerie nationale de Saint-Chamas,

dans une des soutes en maçonnerie de l'atelier de triage du charbon.

Je vous envoie, ci-joints, les documents officiels relatifs à cet accident, qui doit avoir été favorisé par l'état orageux de l'atmosphère.

Il résulte de ces documents que les dégâts ont été insignifiants et qu'aucune responsabilité ne doit être imputée au personnel de l'établissement.

En portant ce fait à la connaissance des ingénieurs, je leur rappelle les prescriptions antérieures, aux termes desquelles le charbon doit, depuis la sortie des cylindres jusqu'au moment de son emploi, être renfermé dans des étouffoirs en tôle, à fermeture hermétique.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 69.

EXPLOSION SURVENUE, LE 3 AOUT 1883, DANS LES DÉPOTS N^{os} 62 ET 49 DE LA POUDRERIE D'ANGOULÊME.

(Lettre collective n° 3.)

Paris, le 6 janvier 1886.

Messieurs, un incendie, accompagné d'une faible explosion, s'est déclaré, le 3 août 1883, dans le dépôt n° 62 de la poudrerie nationale d'Angoulême, et a déterminé l'explosion des wagonnets chargés de poudre et celle du dépôt n° 49, qui contenait 4000^{kg} à 4500^{kg} de matières en cours de fabrication.

Cinq ouvriers ont péri dans cette série d'explosions. Six ont été plus ou moins grièvement blessés. Les dégâts matériels sont considérables.

Je vous envoie, ci-joints, les documents officiels relatifs à cet accident.

Il ressort de ces documents que l'origine de la catastrophe doit

être attribuée à une inflammation spontanée du binaire-soufre contenu dans le dépôt 62.

L'incendie, puis l'explosion de ce dépôt ont, en projetant des étincelles ou des débris enflammés sur les bâtiments et chemins voisins, provoqué l'explosion des poudres contenues dans les wagonnets de service et dans le dépôt 49.

Les conséquences désastreuses d'un simple incendie, qui eût dû rester limité au point où il s'était produit, ont pour cause :

1° L'intercalation entre la ligne des usines et celle des dépôts, déjà trop rapprochées l'une de l'autre, des trois dépôts 60, 61 et 62, lesquels devaient, il est vrai, au moment de leur construction en 1875, être affectés à des ateliers de composition de matières premières, ne constituant pas un mélange explosif;

2° Le changement d'affectation desdits dépôts, employés à diverses reprises, et notamment depuis la fin de 1882, à la préparation des compositions binaires, dont la réunion même forme un mélange explosif;

3° Les accumulations considérables, dans les dépôts, de matières en cours de fabrication, conséquence inévitable de la production intensive imposée à l'établissement depuis plusieurs années;

4° Enfin le mode de construction massive des anciens dépôts de poudreries.

Le premier enseignement général à tirer de ces faits doit être la nécessité d'éviter d'intercaler, sous prétexte qu'ils auront une destination inoffensive, des bâtiments nouveaux dans des lignes de bâtiments régulièrement espacés : il faut, en effet, toujours prévoir que, sous la pression des exigences du service, la destination de certains bâtiments pourra se trouver modifiée, de manière à créer le danger là où l'on n'avait pas admis son existence.

L'importance des dégâts constatés à des distances relativement considérables n'est pas en rapport avec la quantité de poudre que contenait le dépôt 49 et ne s'explique que par l'excessive résistance que présentait la construction massive de ce bâtiment (1). C'est donc là un nouveau motif de presser, par tous les moyens possibles,

(1) Une disposition malheureuse, commune à tous les dépôts d'Angoulême, est celle des murs en saillie supportant l'abri de chargement. Ce sont là, en effet, de véritables contreforts qui augmentent dans une proportion considérable la résistance des murs de façade.

le remplacement des anciens dépôts existants par les bâtiments légers dont le dessin a été adressé aux établissements.

J'ai en outre prescrit, depuis plusieurs années, pour toutes les installations soumises à un remaniement, l'affectation, à chacune des deux espèces de binaires, d'usines ou de dépôts séparés, de façon à atténuer l'inconvénient des inflammations spontanées toujours à prévoir; il convient d'ailleurs de toujours vérifier la température du binaire-soufre avant l'introduction dans le dépôt des étouffoirs qui le contiennent. Mais, quelque rassurantes que soient ces précautions, je n'en ai pas moins ordonné la démolition des dépôts additionnels 60, 61 et 62, de façon à rendre impossible à l'avenir toute affectation dangereuse de ces bâtiments. Je vois, en outre, avec satisfaction, approcher le moment où le travail des poudreries, depuis trop longtemps surchargées, pourra reprendre sa marche normale.

Je vous prie, Messieurs, de m'accuser réception de la présente lettre collective et de me faire connaître les mesures que vous aurez prises pour assurer l'exécution des prescriptions qu'elle renferme.

Pour le ministre et par son ordre,

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 70.

INFLAMMATION DE BINAIRE-SOUFRE SURVENUE, LE 16 OCTOBRE 1883, A LA POUDRERIE DE SAINT-MÉDARD.

(Lettre collective n° 4.)

Paris, le 7 janvier 1886.

Messieurs, une inflammation spontanée de binaire-soufre s'est produite, le 16 octobre 1883, à la poudrerie nationale de Saint-Médard.

Les circonstances de cet accident, qui n'a eu aucun caractère de gravité, sont particulièrement intéressantes.

L'inflammation s'est déclarée pendant le tamisage du binaire,

sur le tamis même employé à l'opération, sans qu'aucune trace de feu ait été constatée dans l'étouffoir qui contenait la matière.

Le tamisage se fait sur un tamis carré portant quelques gobilles en bois et monté dans un châssis en bois suspendu par des cordes, fermé par un couvercle en cuir avec garniture de peau lainée et mis en mouvement à bras; le binaire, pris dans un étouffoir, est jeté par pelletées sur le tamis, le traverse et descend par une poche en cuir dans un autre étouffoir; le mouvement de va-et-vient du châssis est très doux et ne donne lieu à aucun autre choc que celui des gobilles en bois contre le cadre en bois.

Le 16 octobre au matin, l'ouvrier chargé de ce travail tamisait du binaire-soufre, obtenu dans la matinée du dimanche 14 avec du charbon fabriqué depuis huit jours; il avait fait passer déjà le tiers du contenu de l'étouffoir sans constater aucune trace d'échauffement, lorsqu'en jetant une pelletée de binaire sur le tamis et agitant, il vit le feu sur le tamis encore découvert; il l'éteignit aussitôt en y jetant un seau d'eau, ferma le tamis et les étouffoirs, et rendit compte du fait.

L'examen du tamis et des matières, qui a été fait quelques heures plus tard par M. l'inspecteur général Arnould, alors en tournée d'inspection, n'a révélé la présence d'aucun corps étranger ni l'action d'aucune cause extérieure qui ait pu déterminer la combustion: on ne peut donc l'attribuer qu'à une inflammation spontanée du binaire. Il est probable que le centre de la matière s'est échauffé pendant l'intervalle de 48 heures qui a séparé la trituration du tamisage et durant lequel l'étouffoir est resté en dépôt devant l'atelier, et que la combustion a été déterminée par l'action de l'air lorsque l'ouvrier, en puisant la matière, a atteint la partie centrale et l'a jetée sur le tamis. En examinant le binaire resté dans l'étouffoir en cours d'emploi, on a trouvé quelques grumeaux de forme à peu près sphérique, ayant un peu plus de consistance que le reste de la matière et accusant une tendance à l'agglomération par ramollissement du soufre.

Ce commencement d'inflammation n'a eu et ne pouvait avoir aucune conséquence grave, vu les sages précautions prises à la poudrerie de Saint-Médard : le tamisage du binaire-soufre se fait dans un compartiment exclusivement réservé à cette opération; on n'y introduit les étouffoirs qu'un à un; on enlève le binaire au fur

et à mesure du tamisage et l'on n'y fait entrer aucune autre matière.

En raison de la fréquence des inflammations de binaire-soufre, et comme suite aux prescriptions de ma lettre collective du 6 janvier 1886 (n° 3), concernant l'explosion survenue le 3 août 1883 à la poudrerie d'Angoulême, j'ai décidé que les précautions suivantes devront être rigoureusement observées pour la manipulation du binaire-soufre, toutes les fois que le tamisage ne sera pas opéré mécaniquement :

Un compartiment sera affecté à l'opération du tamisage ;

La matière binaire à tamiser et tamisée n'y séjournera pas et aucune autre matière n'y sera introduite.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 71.

EXPLOSION SURVENUE, LE 3 NOVEMBRE 1883, DANS L'USINE A MEULES N° 15 DE LA POUDRERIE DU RIPAULT.

(Lettre collective n° 5.)

Paris, le 8 janvier 1886.

Messieurs, l'usine à meules n° 15, de la poudrerie nationale du Ripault, a fait explosion, le 3 novembre 1883, pendant la trituration d'une charge de poussiers de poudre F_3.

Cette explosion n'a présenté aucun caractère de gravité et n'a entraîné que des pertes matérielles de peu d'importance.

Je vous envoie, ci-joints, les documents officiels qui s'y rapportent.

Il résulte de ces documents que l'explosion paraît avoir pour cause un déplacement de matière, qui aurait été favorisé par une humectation excessive de la charge de poudre.

Les accidents de cette nature démontrent une fois de plus l'utilité des installations d'appareils de suspension des meules, installa-

tions qui doivent être généralisées dans tous les établissements du service des poudres et salpêtres.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 72.

EXPLOSION SURVENUE, LE 3 JUILLET 1884, DANS L'ATELIER N° 39 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE VONGES.

(Lettre collective n° 6.)

Paris, le 9 janvier 1886.

Messieurs, l'atelier n° 39 de préparation de la nitroglycérine à la poudrerie nationale de Vonges a fait explosion le 3 juillet 1884, cinq minutes avant la reprise du travail.

L'explosion, grâce à cette circonstance, n'a pas fait de victimes; mais elle a causé des dégâts matériels assez importants : l'atelier où elle s'est produite a été entièrement détruit et les débris lancés dans toutes les directions; les ateliers n^{os} 38 et 40, les plus rapprochés du lieu de l'explosion, ont été sérieusement endommagés, malgré la présence de merlons de 4^{m} de hauteur qui séparent ces bâtiments.

Je vous envoie, ci-joints, les documents officiels qui se rapportent à cette explosion.

Il résulte de ces documents que l'explosion paraît due à une cause fortuite, que la pratique des fabrications antérieures ne pouvait faire prévoir et qui paraît être une décomposition spontanée de la nitroglycérine sous l'influence des acides et de la température.

Afin de prévenir le retour d'accidents de cette nature, j'ai prescrit de nouvelles mesures de sécurité qui consistent :

1° A faire circuler autour des piles à réaction une grande quantité d'eau convenablement refroidie et sans cesse renouvelée ;

2° A suspendre la fabrication dès que la diminution du rendement, qui coïncide avec l'élévation de la température extérieure, décèle une tendance marquée à la décomposition lente du produit.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 73.

EXPLOSION SURVENUE, LE 5 AOUT 1884, DANS L'USINE A GRENOIR N° 19, A LA POUDRERIE DE TOULOUSE.

(Lettre collective n° 7.)

Paris, le 11 janvier 1886.

Messieurs, une explosion est survenue le 5 août 1884 à la poudrerie nationale de Toulouse, dans l'usine n° 19, contenant un grenoir du système Grüson chargé en poudre F_3.

Le conducteur de l'usine a été victime de l'explosion, et les dégâts matériels ont été relativement considérables.

Je vous envoie, ci-joints, les documents officiels relatifs à cette explosion.

Il résulte de ces documents que l'explosion s'est produite au moment où l'appareil était remis en train, après avoir subi un arrêt pour le remontage de la courroie de commande des cylindres finisseurs, laquelle venait de tomber pendant la marche.

L'accident a ainsi dû être attribué à la présence, entre ces cylindres, d'un corps étranger qui aura été entraîné dans le mouvement en frottant d'autant plus énergiquement contre leur surface, que la dureté du bronze phosphoreux qui les constitue mettait obstacle à toute incrustation dans le métal.

En portant à la connaissance du service des poudres et salpêtres l'accident du 5 août 1884, je crois devoir rappeler encore la recommandation qui a été faite par ma lettre collective n° 27, du 25 du même mois, d'exclure, dans les appareils à poudre, l'emploi du bronze phosphoreux pour les pièces frottant à sec.

Mais il résulte, tant des essais comparatifs entrepris que de l'accident du 5 août 1884, que, sans offrir d'avantages au point de vue du travail sur le grenoir à retour français, le grenoir allemand est d'un fonctionnement plus dangereux en raison de la plus grande quantité de poudre que contient l'appareil ; j'ai donc décidé la suppression des deux grenoirs Grüson existant dans les poudreries nationales et leur utilisation partielle comme simples concasseurs.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 74.

ARRÊTÉ DU 15 JANVIER 1886, RELATIF AUX PRIX DE VENTE DES POUDRES DE COMMERCE EXTÉRIEUR.

LE MINISTRE DES FINANCES,

Vu le décret en date du 30 décembre 1882, relatif à la fixation du prix des poudres de commerce extérieur ;

Vu les arrêtés des 23 février et 24 décembre 1883, des 23 décembre 1884 et 7 février 1885 ;

Vu la lettre du ministre de la guerre en date du 31 décembre 1885 ;

Vu la lettre du directeur général des contributions indirectes en date du 8 janvier 1886 ;

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — Le prix de vente de la poudre de commerce extérieur, vendue en barils, demi-barils et quarts de baril contenant respectivement 45^{kg}, 22^{kg},500 et 11^{kg},250 de poudre est fixé comme suit, emballage compris, pour l'année 1886 :

Poudre ordinaire.....	70^{fr} les 100^{kg}
Poudre forte.....	75^{fr} »

ART. 2. — Les poudres pourront être livrées en barillets, dont

les contenances sont indiquées au tableau ci-après, avec les plus-values par 100^{kg} de poudre :

ESPÈCE DE BARILLETS.	CONTENANCE NORMALE.	PLUS-VALUE par 100^{kg} de poudre.
1.	2.	3.
	kg	fr
Cinquième..	9,000	1,50
	8,000	2,00
Sixième.....	7,500	3,00
	7,000	4,50
	6,000	6,00
	5,000	7,50
Dixième.....	4,500	9,00
	4,000	11,00
Douzième.....	3,750	12,50
	3,000	18,00
Vingtième.....	2,250	25,50
	2,000	29,00
Vingt-cinquième	1,800	33,00
Trentième.....	1,500	39,00

Les barillets désignés dans la colonne 1 du tableau ci-dessus pourront contenir des poids de poudre variables compris entre 9^{kg} et 1^{kg},500. Les plus-values à payer pour les contenances intermédiaires entre deux chiffres de la colonne 2 seront égales à celles qui correspondent à la contenance immédiatement inférieure.

ART. 3. — Le présent arrêté sera déposé au bureau du contreseing pour être notifié à qui de droit.

Fait à Paris, le 15 janvier 1886.

Le ministre des finances,

SADI CARNOT.

N° 75.

ACCIDENT ARRIVÉ A LA POUDRERIE DE SEVRAN-LIVRY PENDANT LE DÉMONTAGE D'UNE TONNE TERNAIRE.

(Lettre collective n° 11.)

Paris, le 15 janvier 1886.

Messieurs, une inflammation de poussier, qui a causé des brûlures légères à un ouvrier, s'est produite le 31 mars dernier à la poudrerie nationale de Sevran-Livry, dans la cour de l'atelier des réparations, pendant le démontage d'une tonne ternaire.

D'après le rapport de M. l'inspecteur général, dont je vous envoie ci-joint copie, l'accident serait dû à la présence, sous la garniture en cuir de l'arbre de la tonne, d'une petite quantité de poussier qui n'avait pu être atteinte par l'eau, malgré l'abondance des arrosages effectués avant le démontage, et dont l'inflammation aura été déterminée, soit par les coups de marteau frappés sur l'arbre pour le dégager, soit par le frottement de cet arbre contre le bois.

Cet accident, analogue à ceux arrivés en 1858 et en 1864 dans les poudreries d'Esquerdes et de Metz, et qui ont fait l'objet des circulaires des 26 mai 1858 et 14 janvier 1864, est une nouvelle preuve du danger que présente toujours la réparation ou la démolition du matériel qui a servi à la fabrication des poudres.

Je crois donc devoir, à l'occasion du nouvel accident du 31 mars dernier, compléter par les suivantes les sages prescriptions des circulaires que je viens de rappeler :

1° Les parties métalliques des appareils à poudres devront, avant l'exécution d'un travail quelconque les atteignant, avoir été préalablement mises à découvert, nettoyées et complètement lavées;

2° Toutes les fois que l'opération sera possible, les appareils et ustensiles à réparer ou à démolir seront plongés dans un bassin, où ils séjourneront tout le temps nécessaire pour que l'eau en pénètre bien toutes les parties;

3° On devra profiter de toute réparation nécessitant un démontage des tonnes ternaires pour substituer, au plateau fixé sur le fond opposé aux poulies, un plateau en deux pièces du modèle réglementaire.

Il me sera accusé réception de la présente lettre collective, et des propositions me seront soumises au fur et à mesure de la réparation des tonnes ternaires en service pour la substitution du plateau en deux pièces.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 76.

EXPLOSION SURVENUE, LE 20 AVRIL 1885, A L'USINE A MEULES N° 19 DE LA POUDRERIE D'ESQUERDES.

(Lettre collective n° 12.)

Paris, le 16 janvier 1886.

Messieurs, une explosion, qui n'a causé que des dégâts matériels sans importance, s'est produite le 20 avril 1885 à l'usine à meules n° 19 de la poudrerie nationale d'Esquerdes, pendant la trituration d'une composition de poudre au picrate d'ammoniaque.

Je vous adresse, ci-joints, les documents officiels relatifs à cette explosion.

Il résulte de ces documents que l'explosion paraît devoir être attribuée à un déplacement accidentel de matière, qui aurait été favorisé par un accroissement de vitesse des meules, et aurait occasionné la dénudation partielle de la piste et la marche à nu.

Des expériences entreprises, à la suite de cette explosion, ayant montré que la poudre au picrate d'ammoniaque est plus sensible au choc que la poudre noire, et la forte proportion d'humidité que la matière picratée doit contenir ayant pour effet de favoriser les déplacements sous les meules, la fabrication de cette poudre doit être l'objet de précautions spéciales, parmi lesquelles je signale, en première ligne, l'emploi exclusif des meules suspendues.

J'insiste, à cette occasion, sur la nécessité de ne pas retarder davantage l'envoi de propositions pour l'installation des appareils de

suspension dans celles des usines à meules qui en sont encore dépourvues.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 77.

ACCIDENT DANS LA TRANSMISSION DES USINES A MEULES N^{os} 105, 106, DE LA POUDRERIE DU RIPAULT.

(Lettre collective n° 13.)

Paris, le 18 janvier 1886.

Messieurs, malgré les précautions prescrites par mes circulaires n^{os} 1540 et 3287 des 19 mars et 27 juin 1879, un nouvel accident, qui a causé la mort du poudrier Esnault, s'est produit le 22 avril 1885 dans la transmission des usines à meules n^{os} 105 et 106 de la poudrerie nationale du Ripault.

Le sieur Esnault, qui était chargé de la surveillance de ces usines, ayant voulu, contrairement à la consigne affichée dans les bâtiments et souvent renouvelée, graisser pendant la marche, a été entraîné par un arbre de couche placé à 3^{m} du sol, soit que, faisant une chute de l'échelle sur laquelle il était monté, il ait cherché à saisir l'arbre en mouvement, soit que son vêtement ait été accroché par une clavette saillante qui existait encore dans ces anciens mécanismes.

Le brigadier de service, accouru au cri poussé par Esnault, a immédiatement, mais trop tard, débrayé le mécanisme. Les jambes de l'ouvrier, frappant avec une vitesse de rotation de 100 tours par minute contre le mur, à la hauteur de l'ouverture d'une porte, étaient coupées, et le côté droit portait, en outre, la trace d'un coup violent. La mort avait été instantanée. L'échelle était brisée et la burette d'huile, que la victime devait tenir à la main, avait été projetée dans la même direction que ses chaussons et ses sabots, à l'extrémité opposée du cabinet.

Le graissage des paliers pendant la marche étant absolument im-

possible, il paraît probable, et cette hypothèse a été confirmée par l'état des dents d'un pignon et d'un engrenage voisins, que le sieur Esnault était occupé à verser de l'huile sur ces dents, lesquelles ne devaient être graissées qu'au moment du nettoyage et au moyen d'une graisse spéciale.

De cet ensemble d'observations, il ressort que le sieur Esnault a été victime d'une imprudence commise en violation d'une consigne écrite, et, comme les ouvriers sont trop souvent portés à négliger les précautions qui leur sont prescrites dans l'intérêt même de leur sécurité, j'invite les directeurs à mettre le nouvel accident à l'ordre du jour de leur personnel, et j'insiste de nouveau pour l'affichage en permanence des consignes dans les bâtiments où cet affichage présente le plus d'efficacité. Toute infraction constatée à ces consignes doit, en outre, être sévèrement réprimée.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

N° 78.

FIXATION DES PRIX DE VENTE DES POUDRES DE COMMERCE EXTÉRIEUR POUR L'ANNÉE 1886.

(Lettre collective n° 15.)

Paris, le 8 février 1886.

Messieurs, un arrêté du ministre des finances, en date du 15 janvier dernier, inséré au *Journal Officiel* du 20 du même mois, maintient, pour l'année 1886, les prix fixés en 1885 pour les poudres de commerce extérieur.

En vous notifiant cette disposition, je crois devoir renouveler aux directeurs que l'affaire concerne la recommandation précédemment faite de ne rien négliger pour provoquer, autant qu'il peut dépendre d'eux, les commandes des armateurs, auprès desquels ils auront à faire ressortir les avantages offerts à notre com-

merce d'exportation par l'abaissement récemment réalisé dans les prix de vente des poudres.

Général BOULANGER.

N° 79.

MISE EN VENTE DE NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE.

(Lettre collective n° 16.)

Paris, le 9 février 1886.

Messieurs, ma lettre collective du 23 octobre 1885 (n° 36) contenait les dispositions prises en vue de la mise en vente de nouveaux types de poudres de chasse.

Diverses considérations, dont la principale est l'exagération de la dépense résultant de l'adoption des boîtes du nouveau modèle, m'ont conduit à ajourner l'envoi de cette lettre collective et à modifier ainsi qu'il suit les instructions qu'elle renfermait.

Les rapports spéciaux sur la fabrication des échantillons des nouveaux types de poudre dans les établissements devront m'être adressés au plus tard le 15 mars prochain.

En attendant la mise en vente de ces types de poudre, les types actuels continueront d'être mis à la disposition des consommateurs et emballés dans les modèles de boîtes actuellement réglementaires.

Les nouveaux types de poudre seront, aussi tôt que possible, mis en fabrication courante et emballés dans des boîtes du modèle actuel, dont la peinture et l'impression auront seulement été, dans les conditions prévues au nouveau cahier des charges, mises en rapport avec la couleur du vernis et la disposition des étiquettes qui avaient été adoptées par les nouvelles boîtes.

Enfin, l'étude du mode d'emballage des poudres de chasse sera poursuivie activement par les soins des ingénieurs du Dépôt central des poudres et salpêtres, de manière à permettre de réaliser économiquement les améliorations qui caractérisaient le modèle de

boîtes décrit dans la notice jointe à ma lettre collective du 23 octobre (1).

G^{al} BOULANGER.

N° 80.

TAUX MAXIMUM D'HUMIDITÉ DE LA POUDRE F_3.

(Lettre collective n° 18.)

Paris, le 17 février 1886.

Messieurs, les cartouches pour armes modèle 1874, que le service de l'artillerie fait actuellement confectionner, étant étanches, il a paru nécessaire de compléter les dispositions adoptées pour le chargement de ces munitions, en proscrivant l'emploi des poudres contenant une trop forte proportion d'humidité, de manière à placer les cartouches dans les meilleures conditions de conservation possibles.

D'après les conditions actuelles de réception, la poudre F_3 pouvant être admise au taux maximum d'humidité, qui a été fixé à 1,20 pour 100, il arrive souvent que des lots reçus, et qui n'ont pu être utilisés immédiatement, se trouvent, au bout d'un certain temps, si peu que leur proportion d'humidité ait augmenté, impropres au chargement des cartouches.

Il y a, par suite, intérêt, pour éviter le remaniement de ces poudres, à ce que le taux maximum d'humidité fixé pour la réception soit abaissé.

J'ai décidé, en conséquence, que ce taux sera provisoirement fixé à 1,05 pour 100.

Rien ne sera, du reste, changé, en ce qui concerne les corrections à faire subir aux vitesses obtenues dans les épreuves, la vitesse corrigée par rapport à la poudre type devant être diminuée d'autant de fois $1^m,50$ qu'il faudra ajouter de dixièmes à l'humidité pour porter celle-ci à 1,10 pour 100.

G^{al} BOULANGER.

---

(1) Voir ci-après la lettre collective n° 5 du 14 mars 1887.

N° 81.

EXPLOSION SURVENUE, LE 9 JUIN 1885, A LA SALLE D'ÉPREUVES DE LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 21.)

Paris, le 27 février 1886.

Messieurs, une légère explosion s'est produite, le 9 juin 1885, à la poudrerie nationale de Saint-Chamas, dans le bâtiment n° 65 affecté aux épreuves, pendant le séchage à l'étuve d'échantillons de poudres diverses.

L'explosion a blessé légèrement le brigadier chargé du service des épreuves et causé des dégâts matériels sans importance.

Je vous adresse ci-joints les documents officiels relatifs à cette explosion.

Il ressort de ces documents que l'accident est purement fortuit, et que toutes les précautions avaient été prises en vue d'écarter tout danger de communication du feu entre le foyer de la chaudière employée au chauffage et le compartiment central contenant l'étuve Gay-Lussac.

Quoi qu'il en soit, j'invite MM. les directeurs des poudreries à ne pas perdre de vue les mesures de précautions prescrites par ma circulaire n° 5260 du 29 octobre 1879, à la suite de l'explosion survenue le 11 juillet précédent dans la salle d'épreuves de la poudrerie de Sevran-Livry.

L'accident du 9 juin montrant que les étuves ne jouissent pas de l'innocuité qui leur était attribuée, il conviendra de leur affecter un local spécial, dans lequel il ne devra être introduit, ainsi que le prescrit déjà ma circulaire précitée, que les quantités d'explosifs nécessaires aux opérations. Enfin, l'installation des appareils de chauffage devra comporter les dispositifs nécessaires pour prévenir toute surchauffe accidentelle de la vapeur et permettre une vérification facile au niveau de l'eau.

G^{al} BOULANGER.

N° 82.

DÉCRET DU 21 MAI 1886 DÉTERMINANT LES CONDITIONS D'EXPORTATION DES POUDRES A FEU.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Vu l'ordonnance du 19 juillet 1829,
Sur les rapports des ministres des finances et de la guerre,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — L'administration des contributions indirectes fournira exclusivement aux armateurs et négociants les poudres de toute espèce qui pourront être demandées par eux, soit pour l'armement et le commerce maritime, soit pour l'exportation par voie de terre.

L'exportation par la voie de terre ne pourra avoir lieu pour la poudre dite de commerce extérieur.

L'exportation des poudres de guerre pourra être suspendue par un arrêté du ministre de la guerre.

ART. 2. — Les demandes de poudres que feront les armateurs et négociants seront appuyées de leur déclaration, laquelle énoncera, lorsqu'il s'agira de l'armement d'un navire, le nombre de bouches à feu et autres armes du bâtiment et, lorsqu'il s'agira d'opérations commerciales, les contrées pour lesquelles les poudres seront destinées.

La déclaration sera visée, pour les exportations maritimes, par le commissaire de la marine du lieu de l'armement ou de l'embarquement et, pour les exportations par la voie de terre, par le préfet du département où réside le négociant pour le compte duquel se fait l'exportation.

ART. 3. — Les poudres destinées aux amateurs et négociants leur seront délivrées par les entrepôts principaux les plus voisins des ports ou des bureaux des douanes par lesquels les exportations devront s'opérer. Toutefois, pour les expéditions considérables qui se font en wagons complets et pour lesquelles la régie ne possède pas de magasins suffisants, la livraison pourra se faire, sans

transbordement ni camionnage, dans la gare de la localité où est situé l'entrepôt, ou sur le quai du port d'embarquement.

ART. 4. — Les délivrances de poudres seront certifiées par des acquits-à-caution, sur lesquels les préposés de l'administration des contributions indirectes constateront les qualités et les espèces de poudres fournies.

ART. 5. — Lors de l'embarquement ou de la sortie desdites poudres, les préposés des douanes veilleront à ce que la totalité des poudres énoncées dans les acquits-à-caution soit exportée. Ils en délivreront certificat sur les mêmes acquits, lesquels seront ensuite, pour la justification de la sortie, remis par les armateurs et négociants aux préposés des contributions indirectes, qui en donneront reçu.

ART. 6. — Pendant l'intervalle qui s'écoulera entre la délivrance des poudres et leur exportation par mer, les armateurs et négociants seront tenus, sous peine de 500^{fr} d'amende, conformément à l'art. 31 de la loi du 30 août 1797 (13 fructidor an V), de les déposer dans les magasins de l'État à ce destinés; elles y resteront jusqu'au jour de la sortie des bâtiments sur lesquels elles devront être embarquées.

Il en sera de même pour les poudres qui rentreraient dans les ports de France après les expéditions maritimes.

ART. 7. — Les poudres destinées à être exportées par la voie de terre pourront sortir par tous les bureaux des douanes ouverts au transit des marchandises prohibées.

Elles resteront dans les magasins des entrepôts jusqu'à leur expédition au bureau de la frontière, sauf l'exception prévue par l'art. 3 ci-dessus.

Le délai et la route à suivre pour leur sortie du territoire de la République seront fixés par les acquits-à-caution. Elles ne pourront plus rentrer en France.

ART. 8. — Les armateurs et négociants prendront, pour le chargement et le transport des poudres qui leur seront délivrées, toutes les précautions nécessaires pour prévenir les accidents qui pourraient compromettre la sûreté des personnes et des habitations.

Les barils de poudre seront bien assujettis sur les voitures, de manière que le mouvement de celles-ci ne puisse jamais les faire frotter les uns contre les autres. Ils y seront liés avec des cordes et non avec des chaînes.

Les voitures chargées de poudre ne marcheront jamais plus vite que le pas et sur une seule file.

On ne souffrira à leur suite ni feu, ni lumière, ni aucun fumeur. On en écartera les pierres et métaux qui peuvent produire des étincelles.

On fera passer les transports de poudre, autant que possible, en dehors des communes, et, lorsqu'on sera forcé de faire entrer les voitures dans les villes, on requerra la municipalité de faire fermer les ateliers où il se fait du feu.

Si la route est sèche, on fera arroser les rues par où l'on devra passer.

Les voitures chargées de poudre ne stationneront jamais dans les villes, bourgs ni villages; on les fera parquer au dehors dans un lieu isolé des habitations, convenable, sûr et reconnu à l'avance. (Règlement du 24 septembre 1812.)

Les personnes pour le compte desquelles les poudres seront transportées demeureront responsables des accidents provenant du défaut de précautions, sauf leur recours contre qui de droit.

ART. 9. — Toute commande de poudre supérieure à 20000^{kg} comporte, à titre de garantie, le dépôt préalable entre les mains de l'entreposeur d'une somme égale au quart du prix de la poudre commandée.

Les poudres livrées pour l'armement et le commerce maritime ou pour l'exportation par la voie de terre devront être consommées ou vendues hors du territoire français.

Toute vente, consommation ou introduction à l'intérieur en sont interdites. Conformément à l'art. 21 de la loi du 21 août 1797 (13 fructidor an v), la réintroduction sera punie de la confiscation de la poudre, des chevaux et des voitures et, en outre, d'une amende de 20^{fr}, 44 par kilogramme de poudre. Si la réintroduction est faite par la voie de mer, l'amende sera double, en outre de la confiscation de la poudre.

ART. 10. — Les négociants, armateurs et tous autres qui con-

servent dans les magasins, à l'intérieur, plus de 5^{kg} des poudres qui leur auraient été délivrées pour l'exportation seront condamnés à une amende de 500^{fr}.

Dans l'un et l'autre cas, les poudres seront confisquées et déposées dans les magasins de l'État, le tout conformément à l'art. 28 de la loi du 30 août 1797.

ART. 11. — Les prix de vente des poudres destinées à l'exportation seront fixés, chaque année, par arrêtés du ministre des finances, après entente avec le ministre de la guerre. Ces arrêtés fixeront en même temps les espèces de poudres de guerre admises à l'exportation.

ART. 12. — Les négociants qui obtiendront des poudres de chasse et des poudres pyroxylées à des prix inférieurs à ceux des tarifs des ventes à l'intérieur, à la charge d'exportation, contracteront dans l'acquit-à-caution qui leur sera délivré l'obligation de payer, s'ils ne justifient pas de la sortie des poudres, le double de la différence entre le prix auquel la poudre leur aura été vendue et celui qui est réglé par le tarif pour la poudre de même espèce vendue aux consommateurs de l'intérieur, et, quant aux autres poudres, les exportateurs contracteront, par l'acquit-à-caution, l'obligation de payer, pour les quantités de poudre dont la sortie ne serait pas justifiée, une somme égale à celle qu'ils auraient eu à payer dans le même cas pour une pareille quantité de poudre de chasse ordinaire.

ART. 13. — Toutes dispositions réglementaires antérieures à celles ci-dessus énoncées et relatives au même objet sont et demeurent abrogées.

ART. 14. — Le ministre des finances et le ministre de la guerre sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 21 mai 1886.

JULES GRÉVY.

Par le président de la République :

Le ministre de la guerre, G^{al} BOULANGER.

Le ministre des finances. SADI CARNOT.

N° 83.

ARRÊTÉ DU 26 MAI 1886, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION.

(Inséré au *Journal officiel* du 6 juin 1886.)

LE MINISTRE DES FINANCES,

Vu le décret du 21 mai 1886, relatif à l'exportation des poudres à feu;

Vu la lettre du ministre de la guerre en date du 13 avril 1886;

Vu la lettre du directeur général des contributions indirectes en date du 22 avril 1886;

Vu les traités des 20 novembre 1815 et 24 mars 1860, qui ont placé le pays de Gex et la partie neutralisée du département de la Haute-Savoie en dehors de la ligne des douanes;

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — Le prix de vente des poudres à feu destinées à l'exportation est fixé comme suit :

ESPÈCES DE POUDRES.	PRIX par kilogramme.	OBSERVATIONS.
	fr	
Poudre de commerce extérieur..... ordinaire.....	0,70	Y compris l'emballage pour les barillages supérieurs à 9kg.
Poudre de commerce extérieur..... forte.....	0,75	
Poudre de mine ronde ou anguleuse..... ordinaire.....	0,80	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée en grains ou à l'état de cartouches comprimées.
Poudre de mine ronde ou anguleuse..... forte.....	0,85	
Poudre de mine fin grain..... ordinaire.....	1,20	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée en grains ou à l'état de mèches de sûreté.
Poudre de mine fin grain..... forte.....	1,25	
Poudre de guerre (ancienne fabrication) (1).....	1,25	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée à l'état nu ou à l'état de cartouches ou de pièces d'artifices.
Poudre de guerre (nouveaux types) (2) à canon noire.....	1,75	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée à l'état nu ou à l'état de munitions confectionnées.
Poudre de guerre (nouveaux types) (2) à canon brun.....	2,00	
Poudre de guerre (nouveaux types) (2) à fusil.....	2,00	
Poudres de chasse livrées en boîtes. ordinaire (fine)	2,00	Non compris l'encaissage. Destinées à être exportées en boîtes ou à l'état de cartouches.
Poudres de chasse livrées en boîtes. forte (superfine)	2,25	
Poudres de chasse livrées en boîtes. spéciale (ou extrafine).....	2,50	
Poudres de chasse livrées à nu dans des barils. ordinaire (fine)	1,40	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu.
Poudres de chasse livrées à nu dans des barils. forte (superfine)	1,65	
Poudres de chasse livrées à nu dans des barils. spéciale (ou extrafine).....	1,90	
Poudres pyroxylées, livrées en boîtes.	15,00	Non compris l'encaissage. Destinées à être exportées en boîtes ou à l'état de cartouches.

(1) Cette désignation s'applique aux anciens types dits à canon et à mousquet.

(2) Voir à l'art. 2 la nomenclature des nouveaux types de poudre de guerre dont l'exportation est autorisée.

La notice annexée au présent arrêté (1) détermine les conditions d'emballage adoptées relativement aux diverses poudres, la valeur

(1) Voir la notice annexée à l'arrêté du 24 janvier 1890.

de ces emballages pour les poudres de mine, de guerre et de chasse, et la plus-value à payer pour les barillages inférieurs à 9^{kg} servant à loger la poudre de commerce extérieur.

ART. 2. — Les types de poudres de guerre dont l'exportation est autorisée sont les suivants :

Anciens types : Poudres de guerre dites à canon et à mousquet.

Nouveaux types. — Poudres à canon. — Noires : C_1, C_2, SP_1, SP_2, A $\frac{11}{12}$. A $\frac{11}{10}$, prismatiques, RS. — Brunes : prismatiques.

Poudres à fusil : F_1, F_2.

ART. 3. — Les tarifs d'exportation fixés pour les poudres de mine, de guerre et de chasse, sont applicables aux poudres de même espèce vendues par la régie dans le pays de Gex et dans la zone neutralisée de la Haute-Savoie.

ART. 4. — Le présent arrêté sera déposé au bureau du contreseing pour être notifié à qui de droit.

Fait à Paris, le 26 mai 1886.

Le ministre des finances,

SADI CARNOT.

N° 84.

NOTE DU 16 JUIN 1886,

concernant l'application du tarif d'exportation aux poudres de guerre employées pour l'épreuve des armes.

Une décision du ministre des finances, en date du 3 août 1866, avait abaissé de 3^{fr},40 à 1^{fr},60 par kilogramme le prix de la poudre de guerre pour l'épreuve des armes de toute destination ; mais ce prix extrêmement réduit se rapportait aux anciennes poudres des pilons, dites *à canon* et *à mousquet,* et ne saurait évidemment s'appliquer aux nouveaux types de poudres de guerre.

Or, la loi du 14 août 1885 entraînait, pour le service des poudres et salpêtres, l'obligation de mettre, par un abaissement

convenable du prix des poudres appropriées aux nouvelles armes de guerre, notre industrie nationale en situation de lutter contre la concurrence étrangère.

Il a donc été décidé, de concert avec le département des finances, que les prix du nouveau tarif d'exportation seraient désormais appliqués aux poudres de guerre destinées aux épreuves de toute nature des armes de toute espèce, savoir :

	Le kilogramme.
	fr
Poudres de guerre (ancienne fabrication).	1,25
Poudres de guerre à canon { noires.....	1,75
Poudres de guerre à canon { brunes.....	2,00
Poudres de guerre à fusil.....	2,00

Il a été entendu, en outre, que, pour le contrôle des poudres consommées et l'examen des questions techniques qui pourraient être soulevées à ce sujet, le concours des ingénieurs des poudres et salpêtres serait acquis à l'administration des contributions indirectes, toutes les fois que le ministre des finances en ferait la demande.

L'insertion au *Journal militaire officiel* tiendra lieu de notification.

Approuvé :
Le ministre de la guerre,
G^{al} BOULANGER.

N° 85.

EXPLOSION SURVENUE, LE 6 MAI 1885, DANS L'USINE TERNAIRE N° 2 DE LA POUDRERIE DE SAINT-MÉDARD.

(Lettre collective n° 27.)

Paris, le 23 août 1886.

Messieurs, une explosion s'est produite, le 6 mai 1885, dans l'usine ternaire n° 2 de la poudrerie nationale de Saint-Médard.

L'usine renfermait deux tonnes qui avaient reçu 250^{kg} de matières pour poudre de mine, dont la trituration était commencée depuis 35^{m}.

Au moment de l'accident, le poudrier Abeillé, conducteur de

l'usine, qui avait quitté son poste de surveillance en avant du coursier des roues hydrauliques, ne se trouvait plus couvert par le mur latéral; il a été atteint par des débris qui lui ont fracturé le crâne, et sa mort a été instantanée.

Le bâtiment et les appareils ont été presque entièrement détruits; mais, bien que la charge, qui avait dû être portée de 100^{kg} à 125^{kg} par tonne, fût relativement considérable et que la construction très ancienne des murs fût défectueuse, les débris ont été en totalité projetés dans la direction du côté faible, sans atteindre aucun des bâtiments voisins du groupe des usines n^{os} 1-2. Les effets de l'explosion se sont ainsi fait sentir plus particulièrement en avant de l'usine : la maison d'habitation du domaine Eyquem, située de ce côté, à une distance de 200^{m}, a subi d'importants dégâts matériels; des plafonds, des cloisons et même des murs, ont été lézardés et des couvertures en ardoises ont été soulevées.

Je vous adresse ci-joints les documents officiels relatifs à cette explosion.

Il résulte de ces documents que la cause de l'explosion n'a pu être exactement déterminée; elle a, comme pour les accidents semblables antérieurs, été attribuée à une fuite accidentelle, qui aurait laissé les globules travailler à nu dans la tonne.

Cette hypothèse, évidemment admissible, n'est malheureusement pas nécessaire pour expliquer les accidents des tonnes ternaires, attendu que le choc direct des gobilles entre elles, avec ou sans interposition d'un gravier siliceux, doit se produire, même en présence de la matière en cours de trituration, et peut déterminer une étincelle.

Aussi ne saurais-je, en présence de l'accident du 6 mai 1885, assez insister sur la généralisation de la mesure proposée, dès 1857, par M. le commissaire des poudres Maurouard, pour la substitution des gobilles en bois aux gobilles en bronze dans les tonnes ternaires.

Cette substitution est parfaitement possible, à la seule condition que la trituration binaire soit assez avancée pour que les tonnes ternaires n'aient plus à opérer qu'un simple travail de mélange, ainsi que l'indiquait leur ancienne dénomination de tonnes *mélangeoir*.

J'appelle, en outre, l'attention des ingénieurs sur les dispositions ci-après :

1° N'apporter aucune modification au chargement réglementaire, à moins d'une autorisation spéciale du ministre;

2° Visiter avec soin, avant leur emplissage, les sacs employés au transport des binaires tamisés, puis les étouffoirs dans lesquels ces sacs sont renfermés et, enfin, les wagonnets affectés au transport de ces étouffoirs à l'usine, de façon à écarter l'éventualité de l'introduction, avec la matière, de corps étranger dans les tonnes;

3° Vérifier avec soin, dans les visites hebdomadaires, le bon état des enveloppes des tonnes, tant en ce qui concerne la résistance du cuir que l'étanchéité des joints;

4° S'assurer, en outre, préalablement à toute opération de déchargement, par une visite des récipients placés dans la cage, qu'il ne s'est produit, pendant la marche, aucune perte de matières en cours de mélange, de façon à pouvoir remédier immédiatement à tout commencement de détérioration, qui serait ainsi constaté.

Ces prescriptions ne doivent préjudicier ni aux soins à donner, d'une façon générale, à la lubréfaction de toutes les parties frottantes, ni au fonctionnement des paliers, ni au maintien de l'écartement des moyeux et couronnes des poulies fixes et folles, etc.

Enfin, la dernière explosion a confirmé les précédentes données au sujet de la nécessité de limiter, toutes les fois que la mesure est possible, à une seule tonne le nombre des tonnes de chaque usine ternaire et de renforcer le mur de fond de ces usines par un mur de masque voûté ou entretoisé.

En m'accusant réception de la présente lettre collective, vous me ferez connaître les observations auxquelles aura pu donner lieu, de votre part, la mise à exécution des prescriptions qu'elle renferme.

Gal BOULANGER.

N° 86.

DÉCRET DU 28 SEPTEMBRE 1886, ABAISSANT LE PRIX DE VENTE DE PULVÉRIN.

Le président de la République française,

Sur le rapport du ministre des finances;

Vu la lettre du ministre de la guerre, en date du 27 juillet 1886;

Vu la loi du 16 mars 1819;

Vu les décrets des 29 septembre 1850, 20 avril 1859 et 8 octobre 1864, fixant, pour les poudres de mine, le prix de vente à l'intérieur;

Vu le décret du 11 juillet 1885, fixant le prix de vente du pulvérin,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER. — Le prix de vente de la poudre de mine spéciale, dite *pulvérin,* destinée exclusivement à la consommation des artificiers patentés, est fixé à $0^{fr},90$ le kilogramme.

ART. 2. — Le ministre des finances est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois.*

Fait à Mont-sous-Vaudrey, le 28 septembre 1886.

JULES GRÉVY.

Par le président de la République :

Le ministre des finances,

SADI CARNOT.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

Abaissement du prix de vente du pulvérin. Fabrication des artifices.

(Circulaire n° 457.)

Paris, le 6 octobre 1866.

Un décret, en date du 28 septembre 1886, abaisse de $1^{fr},50$ à $0^{fr},90$ le kilogramme le prix de vente de la poudre de mine spéciale, dite *pulvérin,* destinée exclusivement à la consommation des artificiers patentés.

Une décision du ministre des finances, prise de concert avec le département de la guerre, autorise les artificiers à modifier le pulvérin suivant les besoins de leur industrie, par addition des diverses substances qui leur sont nécessaires pour la confection des différents artifices. Cette décision stipule que l'autorisation de changer la composition du pulvérin ne con-

stitue pas un droit absolu pour les artificiers, mais qu'elle doit simplement avoir le caractère d'une tolérance, révocable en cas d'abus.

Le conseiller d'état, directeur général.

F. RENAUD.

N° 87.

ARBRE FOUDROYÉ, DANS LA NUIT DU 10 AU 11 SEPTEMBRE 1886, A LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS.

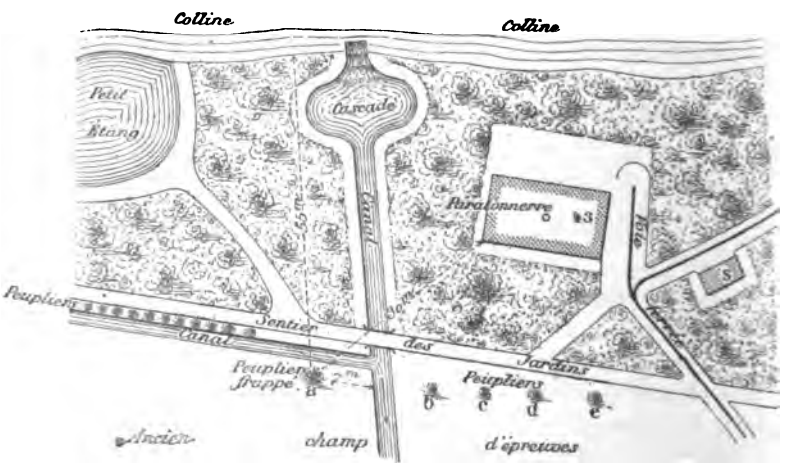
(Lettre collective n° 28.)

Paris, le 29 octobre 1886.

Messieurs, pour les motifs indiqués dans ma lettre collective n° 35 du 16 octobre 1885, je crois utile de porter à votre connaissance les effets d'un coup de foudre qui s'est produit dans le voisinage d'un dépôt de poudres de la poudrerie nationale de Saint-Chamas, et dont le directeur de cet établissement m'a rendu compte dans les termes suivants :

« Pendant un orage qui a éclaté dans la nuit du 10 au 11 septembre der-

Fig. 2.



nier, l'un des arbres de la poudrerie a été frappé par un coup de foudre.

» Le croquis ci-dessus indique la position de cet arbre. C'est un peuplier de 18^{m} de hauteur situé le long du sentier qui conduit au jardin du directeur. Ce peuplier fait partie d'une ancienne ligne qui entourait complètement le champ de tir au mortier, ligne dont il ne reste plus, dans cette partie, que 5 arbres, tous à peu près de même hauteur, marqués *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, au croquis.

» Ces 5 peupliers dominent un peu le massif boisé qui s'étend entre le sentier des jardins et la colline qui, à cet endroit, n'a guère que 10^{m} à 12^{m} de hauteur. De l'autre côté, l'ancien champ d'épreuves, sur une largeur de 25^{m} à 30^{m}, n'est pas planté. Le sol et le sous-sol, à cet endroit, sont constitués, comme dans la majeure partie de la poudrerie, par une couche épaisse de vase. A quelques mètres du peuplier *a*, frappé par la foudre, sont deux canaux servant de débouché aux eaux arrivant par la cascade; l'eau devait couler à pleins bords dans ces canaux au moment de l'orage. Le coup de foudre s'est produit pendant une pluie très forte. Il a frappé l'arbre vers son sommet, et le fluide électrique est venu se perdre dans le sol après avoir déchiqueté l'écorce suivant une ligne en spirale. Le bâtiment le plus rapproché (n° 43), distant de 25^{m} à 30^{m}, est muni d'un paratonnerre. La voie ferrée se trouve à peu près à la même distance.

» Pendant le même orage, la foudre est également tombée sur l'un des poteaux de la ligne téléphonique qui relie la poudrerie au polygone. Le poteau frappé se trouvait dans le pré appartenant à la poudrerie et voisin de ce polygone. Une partie du fluide électrique a dû suivre la ligne, les papiers des paratonnerres placés aux extrémités ayant été brûlés. »

G^{al} BOULANGER.

N° 88.

EXPLOSION SURVENUE LE 17 AOUT 1885 DANS L'USINE A MEULES N° 28 DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ANGOULÊME.

(Lettre collective n° 31.)

Paris, le 21 décembre 1886.

Messieurs, une explosion s'est produite à la poudrerie nationale d'Angoulême, le 17 août 1885, vers 2^{h} du matin, dans l'usine à meules n° 28, après 10^{m} de marche sur une composition de poudre C_2.

L'explosion a été très faible et n'a causé que peu de dommages; au moment où elle s'est produite, le conducteur de l'usine et le surveillant de la ligne se trouvaient en avant du mur contigu au cabinet des transmissions, et regardaient les meules, pour s'assurer de la régularité de leur marche, quand une flamme se produisit sous leurs yeux, sans détonation sensible.

Ils n'ont point été atteints et les pertes, purement matérielles, portent sur la couverture, qui a été légèrement soulevée et déplacée à sa partie haute, et sur la devanture dont un des panneaux a été projeté en avant de l'usine; les mécanismes n'ont pas souffert.

Je vous adresse, ci-joint, le rapport de l'inspecteur général, qui a été chargé de l'enquête règlementaire.

Il résulte de ce document que l'explosion paraît devoir être attribuée à un encroûtement accidentel et exceptionnel de la surface d'une meule, lequel aurait déterminé le forcement d'un grattoir et peut-être le choc de cet appareil contre la surface de la meule correspondante.

C'est là, en effet, une cause de danger que n'a pu supprimer la mesure, aujourd'hui généralisée, de la suspension des meules, et qui ne saurait être elle-même écartée que par la suppression des grattoirs.

C'est là une amélioration qui reste à réaliser dans les poudreries françaises, comme elle l'a été dès longtemps dans la plupart des poudreries étrangères, où elle a été rendue possible par l'inégal écartement des meules de l'axe de rotation et par l'augmentation de la saillie du rebord du bassin.

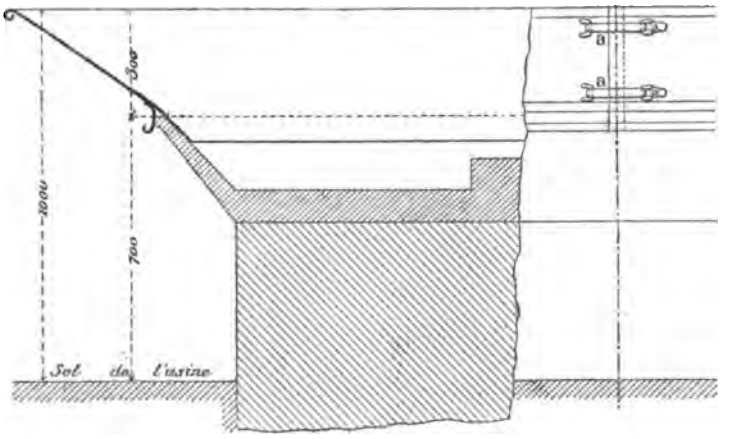
La réalisation de la différence d'écartement des deux meules est une simple question de déplacement des rondelles de l'essieu.

Quant au remplacement des bassins actuels par de nouveaux bassins, présentant une saillie suffisante pour empêcher la chute sur le sol de l'usine des matières, qui se détachent dans le mouvement des meules, ce remplacement comporterait une dépense considérable, à laquelle il ne faut actuellement pas songer; mais il me paraît possible d'éviter cette dépense, en se bornant, pour les usines en service, à exhausser le rebord par l'addition d'un simple tronc de cône en cuivre rouge, ou même en zinc, lequel s'appliquerait et se fixerait sur ce rebord. Si cet exhaussement apportait

une difficulté sérieuse pour les opérations de chargement, la pièce rapportée pourra être faite en deux parties que le dispositif indiqué au croquis ci-après, ou tout autre dispositif analogue, permettrait d'enlever à volonté.

La nécessité de cet exhaussement semble pouvoir même être évitée au moyen du simple remplacement, décrit par le construc-

Fig. 3.



teur Grüson, des grattoirs par une brosse cylindrique, qui, mise en mouvement par une poulie, suffit pour détacher et faire retomber sur la piste les matières adhérentes à la meule.

J'invite les directeurs des poudreries du service des poudres et salpêtres à mettre, en expérience, chacun dans une de leurs usines à meules, ces modifications, dont ils me feront le plus tôt possible connaître les résultats, au double point de vue du fonctionnement des nouveaux dispositifs et de la qualité des produits.

En m'accusant réception de la présente lettre collective, ils m'indiqueront les mesures qu'ils auront prises pour la prompte exécution des prescriptions qu'elle renferme, et auxquelles ils attacheront d'autant plus d'intérêt qu'ils ont plus de souci de la sécurité de leur personnel.

G^{al} BOULANGER.

N° 89.

EXPLOSION SURVENUE LE 21 JUILLET 1886 A L'USINE A MEULES N° 3 DE LA POUDRERIE DE SAINT-MÉDARD.

(Lettre collective n° 1.)

Paris, le 11 janvier 1887.

Messieurs, l'usine à meules n° 3 de la poudrerie nationale de Saint-Médard a fait explosion le 21 juillet 1886, pendant la trituration d'une charge de poussiers de chasse fine.

L'explosion n'a pas fait de victimes, mais les dégâts matériels ont été relativement considérables.

Je vous envoie ci-joint le rapport de l'inspecteur général, qui a été chargé de l'enquête réglementaire.

Cette explosion paraissant devoir être attribuée à une accélération trop brusque de la vitesse des meules, j'invite MM. les directeurs des poudreries à veiller à ce que les mécanismes ne reçoivent que progressivement leur vitesse normale.

Gal BOULANGER.

N° 90.

ARRÊTÉ DU 12 JANVIER 1887, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION.

LE MINISTRE DES FINANCES,

Vu le décret du 21 mai 1886, relatif à l'exportation des poudres;

Vu l'arrêté du 26 mai 1886;

Vu la lettre du ministre de la guerre, en date du 27 décembre 1886;

Vu la lettre du directeur général des contributions indirectes, en date du 5 janvier 1887;

Vu les traités des 20 novembre 1815 et 24 mars 1860, qui ont placé le pays de Gex et la partie neutralisée du département de la Haute-Savoie en dehors de la ligne des douanes,

ARRÊTE :

ART. 1, 2 et 3. — (Voir ci-dessus, p. *71, les art. 1, 2 et 3

de l'arrêté du 26 mai 1886, qui sont reproduits sans modification.)

ART. 4. — Les poudres de commerce extérieur vendues exclusivement pour l'exportation par la voie maritime peuvent être livrées en barillets, dont les contenances sont indiquées au tableau ci-après, avec les plus-values par 100^{kg} de poudre.

DÉNOMINATION DES BARILLAGES.		CONTENANCES normales.	PLUS-VALUE à payer par 100 kilogr. de poudre.
1.		2.	3.
		kg	fr
Barils.....	Baril.....	45,000	»
	Demi-baril.....	22,500	»
	Quart de baril.....	11,250	»
Barillets...	Cinquième de baril.....	9,000	1,50
		8,000	2,00
	Sixième de baril.....	7,500	3,00
		7,000	4,50
		6,000	6,00
		5,000	7,50
	Dixième de baril..	4,500	9,00
		4,000	11,00
	Douzième de baril.....	3,750	12,50
		3,000	18,00
	Vingtième de baril.....	2,250	25,50
		2,000	29,00
	Vingt-cinquième de baril.....	1,800	33,00
	Trentième de baril.....	1,500	39,00

Les barillets désignés dans la colonne 1 du tableau ci-dessus pourront contenir des poids de poudre variables compris entre 9^{kg} et 1^{kg} 500^{gr}. Les plus-values à payer pour les contenances intermédiaires entre deux chiffres de la colonne 2 seront égales à celles qui correspondent à la contenance immédiatement inférieure.

ART. 5. — Le présent arrêté sera déposé au bureau du contreseing, pour être notifié à qui de droit, et inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Paris, le 12 janvier 1887.

A. DAUPHIN.

N° 91.

EXPLOSION SURVENUE LE 14 SEPTEMBRE 1886 DANS L'USINE A MEULES, N° 28, DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ANGOULÊME.

(Lettre collective n° 2).

Paris, le 13 janvier 1887.

Messieurs, une explosion s'est produite, le 14 septembre 1886, à l'usine à meules n° 28 de la poudrerie nationale d'Angoulême.

Il n'y a pas eu de victimes, et les dégradations sont sans importance.

Je vous adresse, ci-joint, le rapport de l'inspecteur général, qui a été chargé de l'enquête réglementaire.

Il résulte de ce document que l'explosion paraît avoir eu pour cause une chute des meules sur la piste au moment de la mise en train, chute qui est attribuée à une manœuvre de vanne que le conducteur de l'usine aurait provoquée en agissant machinalement sur la manivelle.

Les accidents de cette nature paraissant devoir être évités avec les appareils de suspension des meules, des mesures sont prises pour que l'emploi de ces appareils soit étendu à toutes les meules de la poudrerie d'Angoulême.

G^al BOULANGER.

N° 92.

ARRÊTÉ DU 14 FÉVRIER 1887, PORTANT ABROGATION D'UN PARAGRAPHE DE LA NOTICE ANNEXÉE A L'ARRÊTÉ DU 26 MAI 1886 SUR L'EXPORTATION DES CARTOUCHES DE GUERRE.

LE MINISTRE DES FINANCES,

Vu le décret du 21 mai 1886, relatif à l'exportation des poudres à feu;

Vu les lettres du ministre de la guerre, en date des 3 novembre et 8 février 1887;

Vu la lettre du ministre de l'intérieur, en date du 11 octobre 1886;

Vu la lettre du ministre des affaires étrangères, en date du 12 octobre 1886;

Vu la lettre du directeur général des contributions indirectes, en date du 27 novembre 1886;

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — Est abrogée la disposition de l'avant-dernier paragraphe de la notice annexée à l'arrêté du 26 mai 1886 (1), laquelle disposition est conçue ainsi qu'il suit :

« Toute exportation de cartouches pour fusil est subordonnée à la représentation d'un permis spécial émanant de l'administration de la guerre. »

ARTICLE 2. — Tout industriel voulant se livrer à la fabrication ou au commerce des cartouches de guerre destinées à l'exportation devra être muni d'une autorisation préalable donnée par le département de la guerre une fois pour toutes, et sans limites de quantités ou de durée; l'industriel aura à justifier de son obtention à toute réquisition de l'administration des contributions indirectes ou de la police.

Cette autorisation pourra être suspendue par arrêtés des ministres de la guerre et de l'intérieur.

ARTICLE 3. — Le présent arrêté sera déposé au bureau du contreseing pour être notifié à qui de droit.

Fait à Paris, le 14 février 1887.

A. DAUPHIN.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

Exportation des cartouches chargées. — Modifications à l'arrêté du 26 mai 1886.

(Circulaire n° 470.)

Paris, le 2 mars 1887.

Une circulaire du département des finances en date du 4 septembre 1862 stipule que « toute exportation de cartouches sera subordonnée à la représentation d'un permis spécial émanant de l'administration de la guerre ».

---

(1) Voir ci-après la notice annexée à l'arrêté du 24 janvier 1890.

Cette disposition ayant paru incompatible avec la situation nouvelle créée par le décret du 21 mai 1886, lequel supprime toute formalité de ce genre pour l'exportation des poudres de guerre, sous la seule réserve que cette exportation pourra être suspendue par décision du ministre de la guerre, une entente s'est établie entre les départements des finances et de la guerre pour appliquer un traitement analogue aux cartouches destinées à l'exportation.

En conséquence, un arrêté du ministre des finances, en date du 14 février courant, inséré au *Journal officiel* du 17 du même mois, porte (article premier) abrogation de la disposition de l'avant-dernier paragraphe de la notice annexée à l'arrêté du 26 mai 1886, laquelle disposition est conçue ainsi qu'il suit :

« Toute exportation de cartouches pour fusil est subordonnée à la représentation d'un permis spécial émanant de l'administration de la guerre. »

L'article 2 stipule que tout industriel voulant se livrer à la fabrication ou au commerce des cartouches de guerre destinées à l'exportation devra être muni d'une autorisation préalable. Cette autorisation sera donnée par le département de la guerre une fois pour toutes, et sans limites de quantités ou de durée. Elle pourra être suspendue par arrêtés des ministres de la guerre et de l'intérieur. L'industriel aura à justifier de son obtention à toute réquisition de l'administration des contributions indirectes.

Le conseiller d'état, directeur général,

A. CATUSSE.

N° 93.

EXPLOSIONS A LA DYNAMITERIE PRIVÉE DE PAULILLES.

(Lettre collective n° 3.)

Paris, le 16 février 1887.

Messieurs, je crois devoir porter à votre connaissance deux accidents qui sont arrivés successivement à la dynamiterie privée de Paulilles les 7 décembre et 25 janvier derniers, et dont les détails me semblent de nature à intéresser les ingénieurs des poudres et salpêtres.

Explosion du 7 décembre 1886. — L'accident s'est produit

à midi 15^{m}, un quart d'heure après la rentrée au travail, dans un atelier d'encartouchage où trois ouvrières étaient employées à encartoucher de la dynamite n° 2. L'une des ouvrières s'étant aperçue que la cartouche sur laquelle elle opérait le bourrage brûlait, en fusant, prit la fuite avec les deux autres ouvrières; elles virent néanmoins la dynamite placée sur la table s'enflammer et faire explosion quelques instants après.

La secousse produite par l'explosion a disloqué un atelier contigu, qui servait également à l'encartouchage, et n'était séparé du premier que par un cavalier en terre; les ouvrières qui se trouvaient dans cet atelier eurent le temps de s'enfuir avant l'explosion, qui s'y produisit trente secondes environ après la première.

Il y a lieu de penser qu'un débris enflammé provenant du premier atelier aura déterminé cette seconde explosion.

Il n'est resté des deux baraques, qui contenaient chacune environ 30^{kg} de dynamite, que des débris dispersés dans toutes les directions. Il n'y a pas eu de victimes : l'ouvrière entre les mains de laquelle la cartouche s'est enflammée a reçu des brûlures sans gravité, et quelques autres ont été blessées par des éclats de verre et de bois.

L'inflammation de la dynamite, qui a été la cause première de l'accident, a été attribuée à la présence d'un silex ou d'un corps dur interposé entre le bourroir et la douille de la table.

Explosion du 25 *janvier* 1887. — L'explosion s'est produite à 9^{h}30^{m} du matin dans l'appareil destiné à la séparation de la nitroglycérine retenue par les acides résidus avant le traitement de ceux-ci dans l'atelier de regagnage. Cette séparation, qui se fait dans une cuve, se produit lentement, en vertu de la différence de densité des liquides; la nitroglycérine, rassemblée à la surface, se déverse par un orifice placé à une hauteur convenable. L'atelier affecté à cette séparation contenait deux cuves semblables, dans l'une desquelles s'est produite une décomposition qui s'est manifestée par des vapeurs rouges, puis blanches, et a amené un commencement d'incendie, puis l'explosion d'une quantité d'environ 15^{kg} de nitroglycérine, déjà recueillie dans un petit réservoir voisin.

Le chef de fabrication, qui se trouvait dans l'atelier, a été victime de cette explosion : atteint à la tempe droite, il est mort sur le coup. On suppose que, voulant arrêter l'incendie, il aura saisi le robinet à eau et qu'à ce moment il a été frappé par le tuyau arraché par l'explosion.

L'atelier a été complètement rasé.

G^al^ BOULANGER.

N° 94.

MOYENS DE PRÉVENIR CERTAINS ACCIDENTS DANS LES USINES A MEULES.

(Lettre collective n° 4.)

Paris, le 17 février 1887.

Messieurs, pour satisfaire aux dispositions de ma lettre collective n° 43 du 31 décembre 1885, prescrivant d'étudier les moyens de prévenir les accidents auxquels a donné lieu le balayage de la piste des meules, MM. les directeurs des établissements du service des poudres et salpêtres m'ont soumis diverses propositions.

Ces propositions ont été renvoyées à l'examen de la Commission de fabrication des poudres, laquelle a, dans un rapport dont la copie est ci-jointe, émis l'avis qu'il y avait lieu de supprimer complètement toute opération manuelle sur la piste des meules, pendant la marche de l'appareil.

J'invite les directeurs des poudreries à prendre les mesures nécessaires pour que ces prescriptions soient appliquées sans retard dans les établissements qu'ils dirigent.

G^al^ BOULANGER.

COMMISSION DE FABRICATION DES POUDRES.

Rapport sur les moyens de prévenir les accidents semblables à celui du 28 mai 1883, à la poudrerie de Saint-Médard.

Par dépêche n° 1495 du 29 mars 1886, M. le ministre de la guerre a soumis à l'examen de la Commission un dossier contenant les propositions faites par les directeurs des poudreries en vue de prévenir le retour d'un accident analogue à celui qui est arrivé le 28 mai 1883 dans une usine à meules de la poudrerie de Saint-Médard, où un ouvrier, voulant balayer la piste pendant la marche de l'appareil, a été écrasé par les meules.

Il ressort de cet examen que les circonstances qui occasionnent ordinairement une opération manuelle sur la piste des meules pendant la marche des meules sont au nombre de trois : 1° l'arrosage à la main; 2° le balayage de la partie centrale du plateau; 3° le balayage de la piste elle-même. Toutes ces opérations peuvent être supprimées.

Des prescriptions antérieures ont déjà rendu réglementaire le remplacement de l'arrosage à la main par l'arrosage mécanique, et, pour ôter aux ouvriers tout prétexte de suivre à cette occasion le mouvement des meules, il suffit de leur prescrire d'arrêter l'appareil à chaque arrosage pour verser dans le réservoir la quantité d'eau qui doit être distribuée sur les matières; ces arrêts ne peuvent présenter d'inconvénients sérieux et offriront même l'avantage de permettre de régler avec certitude les quantités d'eau dépensées.

Le balayage de la partie centrale peut être complètement évité si l'on donne au cache-crapaudine de l'arbre vertical une forme telle qu'il puisse recouvrir toute la partie surélevée de la piste, comme le propose M. le directeur de la poudrerie de Saint-Médard et comme cela a été fait pour les usines à meules de la poudrerie de Sevran-Livry; cette disposition, qui ne complique pas le mécanisme des meules, présente plus de garanties que les balais proposés par d'autres établissements.

Enfin, la piste elle-même ne doit pas avoir besoin d'être balayée pendant la marche si sa surface est en bon état et si les repoussoirs fonctionnent convenablement; c'est là une question d'entretien d'appareil que tous les établissements doivent pouvoir résoudre, soit par le tournage des pistes, soit par leur changement quand elles sont trop usées.

Quelques directeurs ont encore signalé que la matière passe souvent au-dessus de la lame des repoussoirs et vient engorger ses appareils; pour remédier à cet inconvénient, qui ne paraît pas d'ailleurs général, il semble qu'il doit suffire d'augmenter la hauteur des repoussoirs, et quelques essais pourraient être faits dans ce sens.

La Commission est donc d'avis que l'état actuel du mécanisme des meules permet la suppression complète de toute opération manuelle sur la piste des meules pendant la marche de l'appareil, et, comme l'indique la lettre collective n° 43 du 31 décembre 1885, elle pense que cette suppression est le véritable moyen de prévenir le retour des accidents semblables à celui de Saint-Médard.

Paris, le 1er octobre 1886.

Le rapporteur,
LAMBERT.

Adopté par la Commission dans sa séance du 1er octobre 1886.

Le secrétaire,
DÉSORTIAUX.

Le président,
CH. ARNOULD.

N° 95.

MISE EN VENTE DE NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE.

(Lettre collective n° 5.)

Paris, le 14 mars 1887.

Messieurs, la notice jointe à ma lettre collective du 23 octobre 1885 (n° 36) fixait les conditions à remplir par les nouveaux types de poudres de chasse et prescrivait la fabrication, dans chaque poudrerie et à titre d'essai, d'échantillons de chacun des 8 types destinés à être éprouvés comparativement dans les établissements producteurs et au Dépôt central des poudres et salpêtres.

L'examen de ces poudres a permis de reconnaître :

1° Que tous les échantillons satisfont d'une manière suffisante aux conditions requises, quant aux qualités physiques, sauf en ce qui concerne l'humidité, qui est généralement supérieure à 0,80 pour 100;

2° Que les vitesses moyennes obtenues, pour chaque numéro de poudre ordinaire (fine) et de poudre forte (superfine), sont notablement supérieures aux chiffres fixés;

3° Que les vitesses des échantillons n^{os} 1, 2 et 3 se trouvent être les mêmes pour la poudre ordinaire et pour la poudre forte : ces numéros ayant, d'ailleurs, la même grosseur de grains, et la poudre forte ne présentant, au point de vue du crassement et de la fumée, aucun avantage sensible, les consommateurs n'auraient aucun motif d'acheter un des trois premiers numéros de poudre forte.

Il résulte de ce qui précède qu'il convient :

1° De relever la limite supérieure de taux d'humidité;

2° De relever les vitesses primitivement admises pour les poudres fortes.

J'ai décidé, en conséquence, que les conditions fixées par la notice jointe à ma lettre collective du 23 octobre 1885 seront modifiées ainsi qu'il suit :

1° La limite supérieure du taux d'humidité est fixée à 1 pour 100;

2° La série des vitesses est arrêtée conformément au tableau ci-après, avec tolérance, en plus ou en moins, de 10^{m},00 au pendule balistique et de 5^{m},00 au chronographe Le Boulengé :

DÉSIGNATION DES POUDRES.		VITESSES au pendule balistique.	VITESSES au chronographe Le Boulengé (plaque à 15^{m}).
		m	m
Poudre ordinaire (fine)	n° 0.....	350	255
	n° 1.....	360	260
	n° 2.....	870	265
	n° 3.....	380	270
Poudre forte (surfine)	n° 1.....	380	270
	n° 2.....	395	275
	n° 3.....	410	280
	n° 4.....	425	285

Les épreuves de réception seront faites, jusqu'à nouvel ordre, au pendule balistique.

Aucune limite n'est imposée pour les durées de trituration et de

lissage, sauf en ce qui concerne la trituration des poudres fortes, laquelle ne devra pas être inférieure à 5 heures.

Indépendamment des deux catégories de poudres ordinaires (fines) et fortes (superfines), il sera mis en vente une troisième catégorie de poudres, dites *spéciales* (extrafines), qui pourront être fabriquées sur la demande des consommateurs et après autorisation de l'administration supérieure. Cette catégorie comprendra, notamment, la poudre extrafine actuelle, dont un approvisionnement devra être constitué en vue des demandes éventuelles qui pourront encore se produire.

Je vous adresse, ci-jointe, une notice résumant les conditions définitives de fabrication, de réception et de mise en vente des nouveaux types de poudres de chasse.

Le mode d'emballage, décrit dans cette notice, ne sera provisoirement appliqué qu'aux poudres fortes.

Les autres poudres seront, jusqu'à nouvel ordre, emballées dans des boîtes rectangulaires, du modèle actuel, dont la peinture et l'impression auront seulement été mises en rapport avec la couleur du vernis et la disposition des étiquettes qui ont été adoptées pour les nouvelles boîtes.

Les mesures qui précèdent sont immédiatement applicables.

Toutefois, les stocks de boîtes, dont les poudreries se trouvent approvisionnées, devront être épuisés avec des poudres du modèle actuel, avant la mise en circulation des nouveaux types de poudres et de boîtes.

G^al^ BOULANGER.

NOTICE

SUR LES NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE.

La présente notice a pour objet l'examen des questions suivantes :

1° Fixation des nouveaux types de poudres de chasse;

2° Mode d'emballage;

3° Fixation des prix de vente;

4° Instruction sur la fabrication;

5° Conditions de réception;

6° Instruction pour les consommateurs.

I. — Fixation des nouveaux types de poudres de chasse.

Les poudres de chasse actuelles ont été, dans ces derniers temps, l'objet de critiques portant principalement sur ce que la série des types qu'elles présentent au choix du public n'est pas suffisamment étendue. Pour des tirs spéciaux, les amateurs désirent employer des poudres relativement très grosses, en forçant sensiblement les charges. Cette pratique est fort répandue à l'étranger et même en France, où, sur la demande de certains armuriers, l'administration a dû fabriquer spécialement de ces grosses poudres de chasse.

D'autre part, l'un des types de nos poudres actuelles, la poudre de chasse extrafine, est de plus en plus délaissé, de sorte qu'il n'y aurait sans doute aucun inconvénient à le supprimer, surtout si l'on pouvait en fournir un équivalent dans les types à créer.

Il y a lieu, tout d'abord, de classer les nouveaux types des poudres de chasse en deux groupes principaux, l'un de *poudres de chasse ordinaires* (*fines*) (1), l'autre de poudres de chasse soignées ou de luxe, qui seront dénommées *poudres de chasse fortes* (*superfines*). Dans chaque groupe, les divers types seront différenciés par la grosseur des grains, en sorte qu'on arrive aux séries suivantes :

Poudre de chasse fine (ordinaire)....	n° 0.	n° 1.	n° 2.	n° 3.
Nombre de grains au gramme.....	800	2500	5000	10000
Poudre de chasse superfine (forte)...	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.
Nombre de grains au gramme.....	2500	5000	10000	25000

Pour chaque type, les grains devront présenter une grande régularité, ce qui est une particularité des poudres étrangères les plus recherchées.

Il n'a pas semblé nécessaire de créer des types plus fins que le n° 4 de la poudre de chasse forte, lequel se rapproche beaucoup, à l'aspect, de la poudre de chasse extrafine et n'en diffère guère que parce qu'il contient en moins les très fins grains et même quelques gros grains. Ce n° 4 peut s'obtenir entre les tamis de soie n°s 2 et 3, tandis que la poudre de chasse

(1) Si on les considère comme donnant une indication de la grosseur des grains, les anciennes dénominations *fine* et *superfine* sont désormais impropres; elles sont cependant conservées parce qu'elles figurent dans les lois qui ont fixé les prix actuellement en vigueur. La même raison nécessite le maintien officiel de l'extrafine, naturellement appelée à disparaître de la consommation et qui figurera dans une troisième catégorie de poudre, dite *spéciale*.

extrafine est produite au grenoir entre les perces en soie n°s 1 et 8 et est époussetée finalement avec le tamis de soie n° 12. Les poudres plus fines que le n° 4 ne donnent d'ailleurs pas de résultats balistiques supérieurs dans les fusils de calibre ordinaire.

Ces types doivent répondre à toutes les exigences des consommateurs. Si cependant ceux-ci demandent qu'il leur soit délivré des poudres spéciales, ne rentrant pas dans les catégories réglementaires, il pourra leur être donné satisfaction, après autorisation de l'administration supérieure: ces poudres formeront une troisième catégorie dite *spéciale* (*extrafine*). En particulier, la poudre extrafine actuelle continuera d'être mise à la disposition des consommateurs.

II. — Mode d'emballage.

Le système de boîtes en usage aujourd'hui a le grand inconvénient de ne pas présenter une fermeture hermétique. Les poudres entreposées dans les magasins de la régie s'y détériorent fort vite et peuvent avoir perdu une partie de leur force au moment de la livraison; dans certains cas même, elles doivent être retournées aux poudreries pour être remises en fabrication.

La capsule-bouchon, qui obture plus ou moins bien la boîte, ne peut, après son enlèvement, être ni utilement remise en place, ni facilement remplacée par un bouchon en liège dont les fragments, détachés par les bords tranchants de l'orifice, se mêlent à la poudre.

Il convenait enfin de rechercher un modèle de boîtes dont l'aspect fût plus satisfaisant et répondît à celui des boîtes employées à l'étranger.

Les nouvelles boîtes sont en fer-blanc, de forme cylindrique aplatie; elles ont un fond inférieur plat et sont surmontées d'un fond supérieur conique terminé par un ajutage cylindrique constituant l'orifice de la boîte. Cet orifice doit recevoir un bon bouchon et être coiffé par une capsule métallique. Une rainure est pratiquée, par un emboutissage à mi-hauteur, dans la tôle de l'orifice. Cette rainure, étant en saillie à l'intérieur, arrête le bouchon et l'empêche de pénétrer trop profondément dans la boîte; étant en creux à l'extérieur, elle permet, après sertissage de la capsule métallique, de fixer cette dernière, qui doit être déchirée lorsque l'on ouvre la boîte.

Les contenances de ces boîtes sont les suivantes :

$$1^{hg},\quad 2^{hg},\quad 5^{hg},\quad 1^{kg},\quad 2^{kg}.$$

Les boîtes pour poudre ordinaire (fine) sont vernies en rouge;

Les boîtes pour poudre forte (superfine) sont vernies en bleu; et les boîtes pour poudre spéciale (extrafine) en gris argenté.

Les unes et les autres seront enveloppées dans une feuille de papier de soie, puis dans une feuille de papier collé, d'une couleur assortie à celle de la boîte.

Les caisses actuellement réglementaires, qui auront une contenance de 20^{kg} de poudre, ne recevront qu'une seule espèce de poudre d'un seul type, dans des boîtes de diverses capacités.

Les proportions des boîtes de différentes espèces à introduire dans chaque caisse sont les suivantes :

1° *Emballage en petites boîtes.*

En nombre de boîtes... $\left\{\begin{array}{l}\frac{1}{4} \text{ de boîte de } 2^{hg},\\ \frac{3}{4} \quad » \quad \text{de } 1^{hg}.\end{array}\right.$

En poids..... $\left\{\begin{array}{l}\frac{2}{5} \text{ du poids de poudre en boîtes de } 2^{hg},\\ \frac{3}{5} \quad » \quad \text{de } 1^{hg}.\end{array}\right.$

2° *Emballage en grosses boîtes.*

En nombre de boîtes... $\left\{\begin{array}{l}\frac{1}{5} \text{ de boîte de } 2^{kg},\\ \frac{2}{5} \quad » \quad \text{de } 1^{kg},\\ \frac{2}{5} \quad » \quad \text{de } 0^{kg},500.\end{array}\right.$

En poids..... $\left\{\begin{array}{l}\frac{2}{5} \text{ du poids de poudre en boîtes de } 2^{kg},\\ \frac{2}{5} \quad » \quad \text{de } 1^{kg},\\ \frac{1}{5} \quad » \quad \text{de } 0^{kg},500.\end{array}\right.$

Pour l'emballage en petites boîtes, les 160 boîtes de 1^{hg} et 2^{hg} devront être disposées de la manière suivante :

	Boîtes de 2^{hg}.	Boîtes de 1^{hg}.
1re rangée.....	»	24
2^{e} »	»	26
3^{e} »	»	24
4^{e} »	»	26
5^{e} »	3	19
6^{e} »	37	1
	140	120

Pour l'emballage en grosses boîtes, il n'est pas nécessaire de recourir à une disposition particulière des rangées.

Le foin, employé jusqu'ici comme garniture à l'intérieur des caisses, étant susceptible de détérioration sous l'influence de l'humidité, sera remplacé par des copeaux très fins de bois dits *frisure sapin*, qui sont fournis

par le commerce au prix d'environ 35^{fr} par 100^{kg}, et dont le Dépôt central des poudres et salpêtres centralisera la fourniture pour les divers établissements du service.

III. — Fixation des prix de vente.

Il ne sera apporté aucune modification aux prix actuels, savoir :

11^{fr},85 par kilogramme pour les poudres de chasse ordinaires (fines),
15^{fr} » fortes (superfines),
19^{fr},35 » spéciales (extrafines).

IV. — Instruction sur la fabrication.

Charbon. — Le charbon provenant du bois de bourdaine écorcé sera obtenu à un rendement supérieur à 40 pour 100. Il sera l'objet d'un triage très soigné. Les parties goudronnées seront grattées à vif. On réservera les morceaux les plus roux pour la poudre forte.

I. — Binaires.

Chargement des tonnes :

Binaire salpêtre...	Salpêtre.....	93^{kg},6
	Charbon	6
	Gobilles.....	130
Binaire soufre	Soufre.....	60
	Charbon	42
	Gobilles..	130
Durée de la trituration		6 heures

II. — Meules.

Il ne sera pas fait de ternaire; les matières binaires seront tamisées et portées aux meules dans les proportions suivantes :

16^{kg},600 binaire salpêtre
3^{kg},400 binaire soufre
20^{kg},000

La durée de la trituration, non compris le chargement et le déchargement, sera au minimum de 5 heures pour la poudre forte.

Les poussiers seront repassés aux meules pendant une demi-heure, non compris le chargement ou le déchargement.

La trituration se fera avec le moins d'humidité possible, surtout vers la fin de l'opération, qui se terminera par un galetage énergique.

III. — Grenage.

Le grenage se fera au grenoir à retour avec les perces convenables et telles que chaque type présente un nombre de grains compris entre les limites indiquées ci-après.

La différence entre les dimensions des perces servant à l'assortissage des grains d'un même numéro ne devra, en aucun cas, dépasser 0,6 de la dimension de la perce du sous-égalisoir.

Les divers numéros d'une même catégorie pourront être obtenus simultanément au moyen de tamisages, dans la limite, bien entendu, de la production du numéro le moins demandé.

IV. — Lissage.

Le lissage sera complété pour la poudre forte, soit par un lissage à la plombagine, soit par un lustrage au soufre (suivant une méthode exposée dans une note émanant de la poudrerie de Sevran-Livry), de manière à obtenir des grains parfaitement brillants.

V. — Séchage. Époussetage.

Si, au déchargement des lissoirs, la poudre contient plus de 0,80 pour 100 d'humidité, elle sera portée au séchoir et ramenée à ce taux d'humidité.

L'époussetage sera fait ensuite avec les perces convenables.

V. — Conditions de réception.

Les épreuves de réception des poudres de chasse comprendront la mesure des densités, de l'humidité, du nombre de grains au gramme et une épreuve balistique.

La densité réelle ne devra pas être inférieure à 1,725.

La densité gravimétrique ne devra pas être inférieure à 0,900.

Les nombres de grains au gramme devront être compris :

Pour le	n° 0,	entre	650 et 950
»	n° 1,	»	2000 et 3000
»	n° 2,	»	4000 et 6000
»	n° 3,	»	8000 et 12000
»	n° 4,	»	20000 et 30000

L'humidité sera déterminée d'après la méthode relatée dans la note du 28 novembre 1880 de M. le président de la Commission centrale de réception des poudres de guerre. Cette humidité ne devra pas être supérieure à 1 pour 100.

L'épreuve de tir se fera au pendule balistique, avec un fusil de chasse calibre 16 à percussion centrale; les douilles Gaupillat quadrillées, les bourres, rondelles et plombs seront fournis par le dépôt central. Les cartouches seront confectionnées aussi régulièrement que possible et contiendront 4gr,50 de poudre, une rondelle en carton goudronné, une bourre grasse, 30gr de plomb, une bourre légère.

Le récepteur sera fermé par une feuille de carton mince remplaçant la planchette ordinaire; un écran en bois, percé d'un trou de 0m,10 de diamètre, sera établi à 0m,50 en avant de ce récepteur. Le fusil sera installé sur un support fixe, et sa bouche à 1m,80 de la tranche en avant du récepteur. On dirigera le canon de manière à faire porter la charge en avant du récepteur.

Les vitesses observées seront corrigées par l'emploi d'une poudre type, unique pour les deux séries des poudres de chasse, dont la vitesse normale sera fixée par la poudrerie d'origine.

Les vitesses moyennes sont fixées ainsi qu'il suit :

Poudres de chasse ordinaires..	N° 0.....	350m
	N° 1.....	360m
	N° 2.....	370m
	N° 3.....	380m
Poudres de chasse fortes.....	N° 1.....	380m
	N° 2.....	395m
	N° 3.....	410m
	N° 4.....	425m

Il est accordé, par rapport aux moyennes ci-dessus, une tolérance de 10m en plus ou en moins.

VI. — Instruction pour les consommateurs.

Chaque boîte de poudre de chasse recevra, dans son enveloppe en papier, une instruction conforme au modèle ci-annexé.

Paris, le 14 mars 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

ANNEXE.

INSTRUCTION POUR LES CONSOMMATEURS.

MINISTÈRE de la guerre. — Poudres et salpêtres. —

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

POUDRES DE CHASSE.

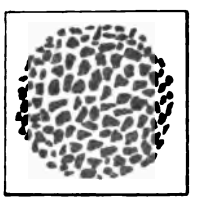
MINISTÈRE des finances. — Contributions indirectes. —

Prix des poudres de chasse françaises.

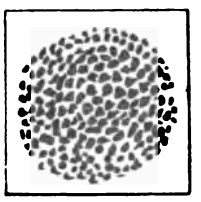
	PRIX DES BOÎTES.		
	1 hecto.	2 hectos.	5 hectos.
	fr	fr	fr
Poudre de chasse ordinaire (fine)...	1,20	2,40	5,90
Poudre de chasse forte (superfine)..	1,50	3,00	7,50

Chacune des catégories de poudres de chasse, ordinaires ou fortes, est divisée en 4 numéros, savoir les nos 0, 1, 2 et 3 pour les poudres de chasse ordinaires, et les nos 1, 2, 3 et 4 pour les poudres de chasse fortes, différant par la grosseur des grains comme ci-après :

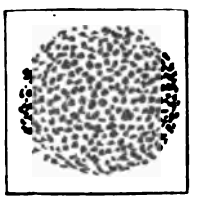
N° 0.



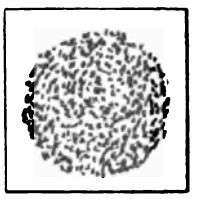
N° 1.



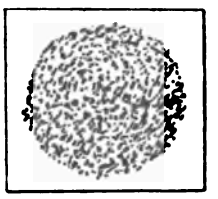
N° 2.



N° 3.



N° 4.



Les diverses poudres de chasse mises en vente par l'administration doi-

vent permettre aux chasseurs de fixer leur choix sur celles qui leur conviennent le mieux, d'après le calibre de leurs armes et en raison des charges dont ils font usage. D'une manière générale, on devra remarquer que les poudres les plus grosses sont faites spécialement pour les plus forts calibres. Néanmoins, pour les petits calibres, ces grosses poudres peuvent encore être avantageusement employées, mais à la condition de forcer légèrement les charges.

Les poudres de chasse exposées à l'humidité perdent de leurs qualités et de leur force. Si elles ne sont pas trop détériorées, c'est-à-dire si elles ont conservé leur aspect net et luisant, on leur rendra leur puissance en les exposant au soleil, étendues sur une feuille de papier ou sur un linge fin; il faut attendre qu'elles soient bien échauffées et les laisser quelques instants à la température de 40° à 50°C. On les renferme ensuite dans un récipient bien sec.

Les chasseurs devront s'abstenir de sécher leur poudre au feu.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE DU TOME III.

TABLE ANALYTIQUE.

Pages.

AVANT-PROPOS 5

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS TECHNIQUES.

Note, publiée par ordre du ministre de la guerre, sur les nouvelles poudres de guerre (poudres sans fumée) [25 juin 1890] 9

Note sur la fabrication et les propriétés des poudres de chasse sans fumée dites pyroxylées [3 juin 1890] 13

§ I. FABRICATION 13
Dosage 13
Compositions 13
Repassages 14
Mélanges 15

§ II. PROPRIÉTÉS 15
Propriétés physiques 15
Propriétés chimiques 15
Propriétés hygrométriques 15
Propriétés balistiques 16
Influence de la température 19

§ III. CONCLUSIONS 19

Notice sur l'exposition spéciale du service des poudres et salpêtres à l'Exposition universelle de 1889 [1er mai 1889] 21

§ I. GROUPE D'USINES A POUDRE DU TYPE RÉGLEMENTAIRE 23

§ II. PLANS DES ÉTABLISSEMENTS 24
I. Plan en relief de la poudrerie nationale d'Angoulême 24
II. Plans des autres établissements du service 24

§ III. APPAREILS D'ÉPREUVE ET DE FABRICATION 26

§ IV. ÉCHANTILLONS DE MATIÈRES PREMIÈRES 31

§ V. FAC-SIMILÉ DE PRODUITS FABRIQUÉS 32
a. Poudres noires ou brunes 32
b. Coton-poudre 33
c. Munitions diverses 33

§ VI. ENVELOPPES 34

§ VII. DIVERS 34

Pages.

Études et recherches faites à l'Exposition universelle de 1889 sur les objets, produits, appareils et procédés pouvant intéresser le service des poudres et salpêtres; par M. A. BRUNEAU, sous-ingénieur des poudres et salpêtres [1er mai 1890]..... 37

CHAP. I. — PRODUITS EXPLOSIFS..... 39

§ I. MATIÈRES PREMIÈRES..... 39

Acide nitrique..... 40
Azotate d'ammoniaque..... 40
Nitrobenzine et binitrobenzine..... 42
Nitrotoluène et binitrotoluène..... 43
Phénol synthétique..... 43
Paraffine..... 44

§ II. POUDRES ET EXPLOSIFS..... 45

I. Fabrique de poudres de Santa-Barbara.... 45
II. Poudrerie royale de Wetteren..... 46
III. Tonite..... 47
IV. Dynamites..... 49
V. Explosifs Favier..... 52
VI. Cotons azotiques..... 58

A. *Pyroxyle soluble pour la fabrication de la soie artificielle*..... 58

Préparation du pyroxyle soluble..... 59
Formation du collodion. Étirage, récupération.. 62

B. *Celluloïd*..... 63

§ III. PROCÉDÉS DE MISE DE FEU. — DÉTONATEURS..... 67

I. Allumeurs..... 68
II. Mèches..... 68
III. Détonateurs..... 70
IV. Amorces de MM. Manet..... 72
V. Exploseur de MM. Manet..... 73

CHAP. II. — APPAREILS..... 77

§ I. APPAREILS UTILISABLES DANS LA FABRICATION DES EXPLOSIFS..... 77

I. Meules..... 77
II. Malaxeur..... 82

Mélangeur de M. Boucher..... 82

III. Broyeurs et pulvériseurs..... 83

Broyeur Vapard..... 83
Broyeur de M. Morel..... 84
Cylindre Aising..... 85
Tonneau broyeur de M. Faure..... 85
Broyeur de M. Weidknecht..... 85
Pulvérisateur cyclone..... 86

IV. Machines à agglomérer..... 87
V. Tamiseur..... 94

Pages.

VI. Effilocheuse 96
VII. Piles à papier 97
VIII. Triturateur 99
IX. Appareils divers 100
Machines à fabriquer les sacs 100
Écrémeuses 101

§ II. APPAREILS D'UN USAGE GÉNÉRAL 102

I. Ventilateurs 102
a. Ventilateurs à force centrifuge 102
Ventilateurs de M. Farcot 104
Ventilateurs de M. d'Anthonay 105
b. Ventilateurs à hélice 106
Ventilateurs de MM. Geneste, Herscher et C^e^ . . 106
Ventilateur Blakmann 107
Ventilateur de Wing 108
c. Ventilateurs à capacité variable 109
Ventilateur Roots 109
Machine soufflante, système Skinner 109
d. Hydroventilateurs 111
Acrophore 111
Hydroventilateur de M. Dulait 111
e. Divers 112
Ventilateur Gourdan 112
II. Appareils de séchage 113
a. Appareils de séchage proprement dits. 114
Aérocondenseur de M. Fouché 114
Aérocalorifère de M. d'Anthonay 115
Procédés de M. Piet 115
Appareil de MM. Donard et Contamine 115
Séchoir de M. Dehaitre 117
Tuyaux à ailettes 118
Distributeur de vapeur de M. Grouvelle 118
Régulateur automatique de M. Grouvelle 119
Régulateur de température de MM. Geneste, Herscher et C^e^ 120
Thermomètres avertisseurs 120
Transmission à distance 121
b. Accessoires de conduites de vapeur 123
Purgeurs 123
Purgeurs automatiques à dilatation 124
Purgeur de M. Kœnig 124
Détendeurs de vapeur 125
III. Appareils d'épuration des eaux industrielles. 125
Système Howatson 126
Appareils de M. Gaillet 129

Pages.

Système Desrumeaux 123
Système Dervaux 136
Filtre du Dr Gerson 136
Filtre de M. Robert 129
IV. Machines à glace 140
A. Machines à affinité 141
B. Machines à force motrice 142
Machine système Fixary 143
Machine système Linde 144
Machine à chlorure de méthyle 145
Machine à acide sulfureux 146
Machine à acide sulfureux et acide carbonique 146
Machine à acide carbonique 147
Comparaison 148
V. Pompes 149
Pompes avec galets intérieurs 149
Pompes avec galets extérieurs 151
Pompe siphon 153
§ III. Matériel 153
I. Grès 153
II. Caoutchouc 156
Chap. III. — Matériaux légers et incombustibles 159
Chap. IV. — Étude des canons exposés 163
Société anonyme des anciens établissements Cail 163
Canon de 155mm marin 163
Canon de 320mm de côte 164
Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer 164
Canon de 275mm de 30 calibres 165
Canon de 155mm de 26 calibres 165
Canon de 80mm de montagne 166
Canon de 47mm à tir rapide 166
Société anonyme des anciens établissements Hotchkiss 167
Canon à tir rapide de 100mm 167
Canon à tir rapide de 75mm 168
Canon à tir rapide de 65mm 168
Canon à tir rapide de 57mm à grande puissance 169
Canon à tir rapide de 57mm, léger 169
Compte rendu des travaux de la Commission des substances explosives pendant l'année 1889 [13 février 1890] 171
I. Analyse des rapports établis pendant l'année 171
Rapport n° 63. — Sur l'examen de nouveaux échantillons de romite 171
Rapport n° 64. — Sur l'examen de demandes d'importation de dynamites, présentées par M. Faille 172
Rapport n° 65. — Sur l'étude de la bronolithe 173

Pages.

II. Revue des travaux effectués pendant l'année..... 173

Étude n° 5. — Étude des effets des chocs sur les composés explosifs azotés..... 173

Étude n° 44. — Mesure de la vitesse de transmission de la détonation dans les explosifs..... 173

Étude n° 57. — Étude de la romite..... 174

Étude n° 66. — Étude des questions relatives a l'emploi des explosifs en présence du grisou..... 174

Étude n° 74 .— Examen des demandes d'importation de dynamites, présentées par M. Faille..... 174

Étude n° 79. — Étude de l'explosif Fraenckel..... 174

Étude n° 80. — Étude de la bronolithe..... 175

Étude n° 81. — Étude des allumeurs de sûreté présentés par MM. Davey, Bickford, Smith et Cie..... 175

Étude n° 82. — Emploi des explosifs dans les mines..... 175

Annexe. — Composition de la Commission des substances explosives au 31 décembre 1889..... 176

Étude des pressions ondulatoires produites en vase clos par les explosifs; par M. Vieille, ingénieur des poudres et salpêtres [1er sept. 1890]. 177

Introduction..... 177

Chap. I. — Méthodes et appareils d'observation..... 183

Chap. II. — Étude des poudres B..... 188

I. Poudres BF..... 188

II. Poudre BSP..... 194

III. Poudre B16..... 195

Chap. III. — Discussion des tracés..... 197

Premier type. — Tracé ondulé avec écrasement normal..... 197

Deuxième type. — Tracé ondulé avec écrasement anormal..... 197

Troisième type. — Tracé ne présentant ni ondulation ni ressaut; écrasement normal..... 198

I. Tracés du premier type..... 199

Poudres lentes..... 199

Vitesses théoriques de propagation..... 203

Poudres vives..... 204

II. Tracés du second type..... 205

Éprouvette de longueur réduite..... 209

Chap. IV. — Loi du mouvement de l'éprouvette suspendue. — Interprétation générale des faits observés..... 208

Chap. V. — Étude de divers explosifs. — Extension des résultats relatifs a la poudre B..... 216

I. Coton-poudre pulvérulent..... 216

II. Poudre de chasse..... 218

III. Poudre C_1..... 220

IV. Poudre PB_1 et PB_2..... 222

Vitesses théoriques de propagation..... 223

Pages.

CHAP. VI. — ÉVALUATION QUANTITATIVES DES SUPPRESSIONS..... 224
Emploi des cylindres préalablement écrasés..... 226
Emploi des pistons lourds..... 228

CHAP. VII. — INFLUENCE DE LA LONGUEUR DE L'ÉPROUVETTE..... 229

CHAP. VIII. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS..... 233

Mémoire sur le tir des fusils de chasse; par M. le capitaine JOURNÉE, instructeur à l'École normale de tir du camp de Châlons [1er mai 1890]. 237

INTRODUCTION..... 237

PREMIÈRE PARTIE. — RENSEIGNEMENTS SUR LES ARMES ET LES MUNITIONS. 139

CHAP. I. — GÉNÉRALITÉS..... 239
I. Calibre des fusils de chasse..... 239
II. Des canons choke-bored ou à étranglement..... 240
III. Des canons choke-rifled..... 242
IV. Des étuis..... 242
V. Bourres..... 244
VI. Données diverses relatives aux fusils de chasse et aux cartouches..... 245
VII. Renseignements sur les poudres de chasse en vente en France..... 245
VIII. Échelle des numéros de plomb..... 246
IX. Poids et diamètre des grains suivant leur numéro.. 247

CHAP. II. — PHÉNOMÈNES PRÉSENTÉS PAR UNE CHARGE DE PLOMB DE CHASSE PENDANT SON TRAJET DANS LE CANON ET AU MOMENT DE LA SORTIE..... 248
I. Déformation des grains de plomb..... 248
II. Du plomb durci..... 250
III. Poids normal de la charge de plomb de chasse... 251

DEUXIÈME PARTIE. — VITESSES..... 252

CHAP. I. — INSTRUMENTS EMPLOYÉS POUR MESURER LA VITESSE DES PLOMBS DE CHASSE..... 252
I. Pendule balistique..... 252
II. Chronographe Le Boulengé..... 252
III. Chronographe Billardon et Dou..... 255

CHAP. II. — VITESSES INITIALES..... 255
I. Renseignements sur les armes et les munitions employées..... 256
II. Résultats obtenus..... 257
III. Observations sur la vitesse des cartouches à plomb. 260
IV. Vitesses comparatives des poudres pyroxylées françaises et anglaises..... 260
V. Observation sur la vitesse des balles..... 261
VI. Régularité des vitesses..... 261
VII. Vitesses initiales dans les fusils des divers calibres. 262

Pages.

VIII. Valeur de la vitesse initiale en fonction du rapport du poids de la charge de plomb à celui de la charge de poudre 264

CHAP. III. — VARIATIONS DE LA VITESSE INITIALE PRODUITES PAR DIVERSES CAUSES 267

A. Variations de la vitesse dues à la poudre 267

I. Influence de la température 267

Poudre noire 267

Poudre pyroxylée 267

II. Influence de l'humidité 268

III. Tassage de la poudre 268

B. Variations de la vitesse dues à l'arme 269

I. Influence de la longueur du canon 269

II. Vitesse comparative des canons choke-bored et cylindrique 271

C. Variations de la vitesse dues à l'étui 272

I. Étuis métalliques 272

II. Ruptures des étuis de carton 272

III. Influence de l'amorce 273

IV. Influence du sertissage 274

V. Cartouches sectionnées 274

D. Variations de la vitesse dues à la bourre placée sur la poudre 274

E. Influence de la charge de plomb 275

I. Influence de la grosseur des grains de plomb. 275

II. Influence du poids de la charge de plomb 276

CHAP. IV. — VITESSE INDIVIDUELLE DES GRAINS DE PLOMB 279

TROISIÈME PARTIE. — PRESSIONS 281

CHAP. I. — RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX 281

I. But de l'étude 281

II. Procédés de mesure 281

CHAP. II. — TIRS D'ÉPREUVE 282

I. Conditions dans lesquelles se font en France les épreuves des armes de chasse 282

II. Épreuves du canon en France 283

III. Pressions d'épreuve des fusils terminés (épreuves françaises) 284

IV. Conditions des épreuves en Angleterre 285

1° Épreuve du canon terminé 285

2° Épreuve du fusil terminé 286

CHAP. III. — PRESSIONS FOURNIES PAR LES DIFFÉRENTES POUDRES DANS LES FUSILS DU CALIBRE 16 287

I. Résultats obtenus 287

Pages.

II. Charges de poudre qu'il convient de ne pas dépasser dans les fusils de chasse, calibre 16..... 290
III. Charges de poudre qu'il convient de ne pas dépasser dans les fusils de divers calibres..... 291
IV. Observations sur les épreuves des fusils de chasse. 293
V. Remarques sur la vitesse réalisable avec la poudre pyroxylée..... 294

CHAP. IV. — VARIATIONS DES PRESSIONS PRODUITES PAR DIVERSES INFLUENCES..... 295

I. Influence du poids de la charge de plomb sur la pression..... 295
II. Variation simultanée de la nature et du poids du projectile..... 296
III. Influence du nombre et du forcement des balles.. 297
IV. Influence de la grosseur du plomb..... 299
V. Influence du durcissement du plomb de chasse... 299
VI. Influence de la nature de la bourre sur les pressions et sur les vitesses... 299
VII. Influence de la température sur la pression..... 300
Poudre noire..... 301
Poudre pyroxylée..... 301
VIII. Influence de l'amorce..... 301

CHAP. V. — DÉVELOPPEMENT DES PRESSIONS DANS TOUTE L'ÉTENDUE DU CANON..... 301

QUATRIÈME PARTIE. — DU RECUL..... 307

I. Méthode de mesure..... 307
II. Valeurs admissibles du recul..... 311
III. Préjugés concernant le recul..... 311

CINQUIÈME PARTIE. — VITESSES RESTANTES..... 314

CHAP. I. — GÉNÉRALITÉS..... 314

I. Utilité de connaître les vitesses restantes..... 314
II. Détermination des vitesses restantes..... 314
Première méthode..... 314
Deuxième méthode..... 315
III. Valeur des vitesses restantes..... 317
IV. Calcul des vitesses initiales..... 318
V. Vitesses restantes suivant la grosseur du grain... 320
VI. Vitesse limite des projectiles..... 320

SIXIÈME PARTIE. — PORTÉE MAXIMUM DES ARMES DE CHASSE..... 322

SEPTIÈME PARTIE. — EFFETS PRODUITS PAR LES PLOMBS..... 324

CHAP. I. — PUISSANCE MEURTRIÈRE DES PLOMBS..... 324
CHAP. II. — PÉNÉTRATION DANS LE BOIS..... 327

DEUXIÈME PARTIE.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

France.

Pages.

N° 38. — MISE EN VENTE DE LA POUDRE PYROXYLÉE DE FABRICATION FRANÇAISE (Circulaire n° 860 du 22 janvier 1883)..... *3

N° 39. — CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE F_3 (Lettre collective n° 11 du 13 février 1883)..... *4

N° 40. — ARRÊTÉ DU 23 FÉVRIER 1883 FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES DE COMMERCE EXTÉRIEUR..... *5

N° 41. — INSTRUCTION SUR LES ÉPREUVES DE RECETTE DE LA POUDRE C_2 (Lettre collective n° 34 du 4 avril 1883)..... *6

Instruction pour les épreuves de recette des poudres de la marine..... *7

N° 42. — LOI DU 6 AOUT 1883 PORTANT FIXATION DU PRIX DE VENTE DE LA POUDRE AU BOIS PYROXYLÉ..... *7

Direction générale des contributions indirectes. — Fixation du prix de vente de la poudre pyroxylée de fabrication française et de l'échantillon de provenance anglaise. (Circulaire n° 376 du 8 août 1883)..... *8

N° 43. — FORMATION DES LOTS DE POUDRES DESTINÉES AUX GROS CALIBRES DE L'ARTILLERIE DE TERRE (Lettre collective n° 35 du 11 août 1883)..... *9

N° 44. — RECRUTEMENT ET PRÉPARATION D'AGENTS DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES POUR LA SURVEILLANCE DES FABRIQUES PRIVÉES DE DYNAMITE (Lettre collective n° 38 du 23 août 1883)..... *9

Programme des mesures à prendre en vue d'assurer le recrutement et la préparation d'agents du service des poudres et salpêtres pour la surveillance des fabriques privées de dynamite..... *10

N° 45. — MODIFICATIONS AUX CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE F_3 (Lettre collective n° 41 du 19 octobre 1883)..... *12

N° 46. — MODIFICATIONS AUX CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE SP_1 (Lettre collective n° 45 du 21 novembre 1883)..... *14

N° 47. — EMPLOI DE VÊTEMENTS INCOMBUSTIBLES (Lettre collective n° 7 du 12 mars 1884)..... *14

N° 48. — EXPÉRIENCES SUR LES POUDRES PRISMATIQUES DITES CHOCOLAT (Lettre collective n° 21 du 10 juillet 1884)..... *15

N° 49. — SUPPRESSION DES USINES A PILONS (Lettre collective n° 30 du 13 septembre 1884)..... *18

Pages.

N° 50. — EXPLOSION SURVENUE DANS L'USINE A MEULES N° 4 DE LA POUDRERIE DE SEVRAN-LIVRY (Lettre collective n° 31 du 25 septembre 1884)..... *18

N° 51. — LE BOIS BLANC CESSERA D'ÊTRE EMPLOYÉ A LA FABRICATION DES POUDRES DE GUERRE (Lettre collective n° 36 du 4 décembre 1884)..... *19

N° 52. — FABRICATION DES POUDRES A CANON AUX TRITURATIONS RÉGLEMENTAIRES (Lettre collective n° 3 du 12 janvier 1885)..... *20

N° 53. — DÉCRET DU 11 MARS 1885 RELATIF AU FONCTIONNEMENT DU LABORATOIRE CENTRAL DE LA MARINE..... *21

N° 54. — ARRÊTÉ DU 13 MARS 1885 CONCERNANT L'ADMINISTRATION DU LABORATOIRE CENTRAL DE LA MARINE..... *22

N° 55. — INCENDIE SURVENU LE 9 OCTOBRE 1882 DANS L'USINE BINAIRE N° 4 DE LA POUDRERIE DU RIPAULT (Lettre collective n° 12 du 25 mars 1885)..... *25

N° 56. — EXPLOSION SURVENUE, LE 20 JANVIER 1883, DANS L'USINE A MEULES N° 11 DE LA POUDRERIE DE VONGES (Lettre collective n° 13 du 27 mars 1885)..... *26

N° 57. — EXPLOSION SURVENUE, LE 19 AVRIL 1883, DANS LE GRENOIR A RETOUR N° 26 DE LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS (Lettre collective n° 21 du 1er juin 1885)..... *27

N° 58. — DÉCRET DU 11 JUILLET 1885 QUI AUTORISE LA VENTE DANS LES ENTREPOTS DE LA RÉGIE D'UNE NOUVELLE POUDRE DE MINE, DITE PULVÉRIN..... *28

N° 59. — LIVRAISON DE PULVÉRIN AUX ARTIFICIERS (Lettre collective n° 28 du 3 août 1885)..... *29

N° 60. — ARBRE FOUDROYÉ, LE 1er AOUT 1885, A LA POUDRERIE D'ANGOULÊME (Lettre collective n° 35 du 16 octobre 1885)..... *32

N° 61. — MISE EN VENTE DE NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE (Lettre collective n° 36 du 23 octobre 1885)..... *33

N° 62. — DOSAGE DE LA POUDRE ORDINAIRE DU COMMERCE EXTÉRIEUR (Lettre collective n° 40 du 16 novembre 1885)..... *34

N° 63. — DÉCRET DU 2 DÉCEMBRE 1885 FIXANT LE PRIX DES POUDRES DE CHASSE ET DE MINE POUR LA TUNISIE..... *36

N° 64. — RAPPORT AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE AYANT POUR BUT DE METTRE L'ORGANISATION ADMINISTRATIVE DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES EN HARMONIE AVEC LES PRINCIPES POSÉS DANS LA LOI DU 16 MARS 1882..... *37

Décret du 15 décembre 1885, qui met l'organisation administrative du service des poudres et salpêtres en harmonie avec les principes posés dans la loi du 16 mars 1882 sur l'administration de l'armée..... *38

N° 65. — EXPLOSION SURVENUE LE 21 AVRIL 1883 DANS LE SÉCHOIR DE MINE N° 74 DE LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS (Lettre collective n° 42 du 30 décembre 1885)..... *46

Pages.

N° 66. — Accident survenu a l'usine a meules n° 5 de la poudrerie de Saint-Médard (Lettre collective n° 43 du 31 décembre 1885)..... *47

N° 67. — Explosion survenue le 11 juin 1883 a l'usine a meules n° 17 de la poudrerie de Saint-Chamas (Lettre collective n° 1 du 4 janvier 1886)..... *49

N° 68. — Inflammation spontanée de charbon survenue le 20 juillet 1833 dans le batiment *b* de la poudrerie de Saint-Chamas (Lettre collective n° 2 du 5 janvier 1886)..... *50

N° 69. — Explosion survenue le 3 aout 1883 dans les dépots n^os^ 62 et 49 de la poudrerie d'Angoulême (Lettre collective n° 3 du 6 janvier 1886)..... *51

N° 70. — Inflammation de binaire-soufre survenue le 16 octobre 1883 a la poudrerie de Saint-Médard (Lettre collective n° 4 du 7 janvier 1886)..... *53

N° 71. — Explosion survenue le 3 novembre 1883 dans l'usine a meules n° 15 de la poudrerie du Ripault (Lettre collective n° 5 du 8 janvier 1886)..... *55

N° 72. — Explosion survenue le 3 juillet 1884 dans l'atelier n° 39 de la poudrerie de Vonges (Lettre collective n° 6 du 9 janvier 1886)..... *56

N° 73. — Explosion survenue le 6 aout 1884 dans l'usine a grenoir n° 19 de la poudrerie de Toulouse (Lettre collective n° 17 du 11 janvier 1886)..... *57

N° 74. — Arrêté du 15 janvier 1886 relatif au prix de vente des poudres de commerce extérieur..... *58

N° 75. — Accident arrivé a la poudrerie de Sevran-Livry pendant le démontage d'une tonne ternaire (Lettre collective n° 11 du 15 janvier 1886)..... *60

N° 76. — Explosion survenue le 20 avril 1885 a l'usine a meules n° 19 de la poudrerie d'Esquerdes (Lettre collective n° 12 du 16 janvier 1886)..... *61

N° 77. — Accident dans la transmission des usines a meules n^os^ 105 et 106 de la poudrerie du Ripault (Lettre collective n° 13 du 18 janvier 1886)..... *62

N° 78. — Fixation des prix de vente de la poudre de commerce extérieur pour l'année 1886 (Lettre collective n° 15 du 8 février 1886)..... *63

N° 79. — Mise en vente de nouveaux types de poudres de chasse (Lettre collective n° 16 du 9 février 1886)..... *64

N° 80. — Taux maximum d'humidité de la poudre F_3 (Lettre collective n° 18 du 17 février 1886)..... *65

N° 81. — Explosion survenue le 9 juin 1885 a la salle d'épreuves de la poudrerie de Saint-Chamas (Lettre collective n° 21 du 27 février 1886)..... *66

Pages.

N° 82. — DÉCRET DU 21 MAI 1886 DÉTERMINANT LES CONDITIONS D'EXPORTATION DES POUDRES A FEU..... *67

N° 83. — ARRÊTÉ DU 26 MAI 1886 FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION..... *71

N° 84. — NOTE DU 16 JUIN 1886 CONCERNANT L'APPLICATION DU TARIF D'EXPORTATION AUX POUDRES DE GUERRE EMPLOYÉES POUR L'ÉPREUVE DES ARMES..... *73

N° 85. — EXPLOSION SURVENUE LE 6 MAI 1885 DANS L'USINE TERNAIRE N° 2 DE LA POUDRERIE DE SAINT-MÉDARD (Lettre collective n° 27 du 23 août 1886)..... *74

N° 86. — DÉCRET DU 28 SEPTEMBRE 1886 ABAISSANT LE PRIX DE VENTE DU PULVERIN..... *76

Direction générale des contributions indirectes. — Abaissement du prix de vente du pulvérin. Fabrication des artifices (Circulaire n° 457, du 6 octobre 1866)..... *77

N° 87. — ARBRE FOUDROYÉ DANS LA NUIT DU 10 AU 11 SEPTEMBRE 1866 A LA POUDRERIE DE SAINT-CHAMAS (Lettre collective n° 28 du 29 octobre 1886)..... *78

N° 88. — EXPLOSION SURVENUE LE 17 AOUT 1885 DANS L'USINE A MEULES 28 DE LA POUDRERIE D'ANGOULÈME (Lettre collective n° 31 du 21 décembre 1886)..... *79

N° 89. — EXPLOSION SURVENUE LE 21 JUILLET 1886 A L'USINE A MEULES N° 3 DE LA POUDRERIE DE SAINT-MÉDARD (Lettre collective n° 1 du 11 janvier 1887)..... *82

N° 90. — ARRÊTÉ DU 12 JANVIER 1887 FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINEES A L'EXPORTATION..... *82

N° 91. — EXPLOSION SURVENUE LE 14 SEPTEMBRE 1886 DANS L'USINE A MEULES N° 28 DE LA POUDRERIE D'ANGOULÊME (Lettre collective n° 2 du 13 janvier 1887)..... *84

N° 92. — ARRÊTÉ DU 14 FÉVRIER 1887 PORTANT ABROGATION D'UN PARAGRAPHE DE LA NOTICE ANNEXÉE A L'ARRÊTÉ DU 26 MAI 1886 SUR L'EXPORTATION DES CARTOUCHES DE GUERRE..... *84

Direction générale des contributions indirectes. — Exportation de cartouches chargées. Modifications à l'arrêté du 26 mai 1886 (Circulaire n° 470 du 2 mars 1887)..... *85

N° 93. — EXPLOSIONS A LA DYNAMITERIE PRIVÉE DE PAULILLES (Lettre collective n° 3 du 16 février 1887)..... *86

Explosion du 7 décembre 1886..... *86

Explosion du 25 janvier 1887..... *87

N° 94. — MOYENS DE PRÉVENIR CERTAINS ACCIDENTS DANS LES USINES A MEULES (Lettre collective n° 4 du 17 février 1887)..... *88

COMMISSION DE FABRICATION DES POUDRES. — Rapport sur les moyens de prévenir les accidents semblables à celui du 28 mai 1883 à la poudrerie de Saint-Médard..... *89

Pages.

N° 95. — MISE EN VENTE DE NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE (Lettre collective n° 5 du 14 mars 1887)..... *90

NOTICE SUR LES NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE..... *92

I. Fixation de nouveaux types de poudres de chasse..... *93
II. Mode d'emballage..... *94
III. Fixation des prix de vente..... *96
IV. Instruction sur la fabrication..... *96
I. Binaires..... *96
II. Meules..... *96
III. Grenage..... *97
IV. Lissage..... *97
V. Séchage. Époussetage..... *97
V. Conditions de réception..... *97
VI. Instruction pour les consommateurs..... *98

ANNEXE. — Instruction pour les consommateurs..... *99

TABLE ALPHABÉTIQUE.

(On a marqué en **caractères gras** les noms d'auteurs, en PETITES CAPITALES les titres des articles et documents, en *italiques* toutes les autres indications).

ACCIDENTS : arbre foudroyé à Angoulême (1er août 1885), *32 ; — usine à meules, n° 5 de Saint-Médard (28 mai 1883), *47, *89 ; — démontage d'une tonne ternaire à Sevran-Livry (31 mars 1885), *60 ; — transmission des usines à meules nos 105, 106 du Ripault (22 avril 1885), *62 ; — arbre foudroyé à Saint-Chamas (10-11 septembre 1886), *78 ; — moyens de prévenir certains accidents dans les usines à meules, *88 ; — v. Explosions, Incendies, Inflammation.

Angoulême : arbre foudroyé, *32 ; — explosions, *51, *79, *84.

ARBRES FOUDROYÉS : à Angoulême (1er août 1885), *32 ; — à Saint-Chamas (10-11 septembre 1886), *78.

ARRÊTÉ DU 23 FÉVRIER 1883 FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES DE COMMERCE EXTÉRIEUR : *5.

ARRÊTÉ DU 13 MARS 1885 CONCERNANT L'ADMINISTRATION DU LABORATOIRE CENTRAL DE LA MARINE : *22.

ARRÊTÉ DU 15 JANVIER 1886, RELATIF AUX PRIX DE VENTE DES POUDRES DE COMMERCE EXTÉRIEUR : *58.

ARRÊTÉ DU 26 MAI 1886, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION : *71.

ARRÊTÉ DU 12 JANVIER 1887, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION : *82.

ARRÊTÉ DU 14 FÉVRIER 1887, PORTANT ABROGATION D'UN PARAGRAPHE DE LA NOTICE ANNEXÉE A L'ARRÊTÉ DU 26 MAI 1886 SUR L'EXPORTATION DES CARTOUCHES DE GUERRE : *84.

Artificiers : livraison de pulvérin, *28, *29, *76.

AVANT-PROPOS : 5.

Binaire-soufre : inflammation, *53.

Binaire (*Usine*) : incendie, *25, *53.

Bois blanc : emploi à la fabrication des poudres de guerre, *19.

Bruneau : Études et recherches faites à l'Exposition universelle de 1889 sur les objets, produits, appareils et procédés pouvant intéresser le service des poudres et salpêtres, 37.

Canon (*Poudres à*) : v. Poudres à canon.
Cartouches de guerre : exportation, *84.
Charbon : inflammation spontanée, *50.
Chasse (*Fusils de*) : tir, 237.
Chasse (*Poudres de*) : v. Poudres de chasse.
Chocolat (*Poudres*) : v. Poudres prismatiques.
Commerce extérieur (*Poudres de*) : v. Poudres de commerce extérieur.
Commission des substances explosives : Compte rendu des travaux (1889), 171.
COMPTE RENDU DES TRAVAUX DE LA COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES (1889) : 171.
Conditions de réception : poudre F_3, *4, *12; — poudre C_3, *6; — poudre SP_1, *14.
CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE F_1 : *4.
Conditions d'exportation des poudres : décret du 21 mai 1886, *67.

DÉCRET DU 11 MARS 1885 RELATIF AU FONCTIONNEMENT DU LABORATOIRE CENTRAL DE LA MARINE : *21.
DÉCRET DU 11 JUILLET 1885, QUI AUTORISE LA VENTE DANS LES ENTREPOTS DE LA RÉGIE D'UNE NOUVELLE POUDRE DE MINE, DITE PULVÉRIN : *28.
DÉCRET DU 2 DÉCEMBRE 1885, FIXANT LE PRIX DES POUDRES DE CHASSE ET DE MINE POUR LA TUNISIE : *36.
DÉCRET DU 15 DÉCEMBRE 1885, QUI MET L'ORGANISATION ADMINISTRATIVE DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES EN HARMONIE AVEC LES PRINCIPES POSÉS DANS LA LOI DU 16 MARS 1882 SUR L'ADMINISTRATION DE L'ARMÉE : *38.
DÉCRET DU 21 MAI 1886 DÉTERMINANT LES CONDITIONS D'EXPORTATION DES POUDRES A FEU : *67.
DÉCRET DU 28 SEPTEMBRE 1886, ABAISSANT LE PRIX DE VENTE DU PULVÉRIN : *76.
Démontage : tonne ternaire, *60.
Dépôts de poudre : explosion, *51.
DOSAGE DE LA POUDRE ORDINAIRE DE COMMERCE EXTÉRIEUR : *34.
Dynamite : explosions, *86.
Dynamiteries privées : surveillance, *9; — explosions, *86.

EMPLOI DE VÊTEMENTS INCOMBUSTIBLES : *14.
Épreuve des armes : prix spécial des poudres de guerre, *73.
Épreuves de recette : v. Conditions de réception.
Epreuves (*Salle d'*) : explosion, *66.
Esquerdes : explosion, *61.
ÉTUDE DES PRESSIONS ONDULATOIRES PRODUITES EN VASE CLOS PAR LES EXPLOSIFS [Vieille] : 177.
ÉTUDES ET RECHERCHES FAITES A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889 SUR LES OBJETS, PRODUITS, APPAREILS ET PROCÉDÉS POUVANT INTÉRESSER LE SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES [Bruneau] : 37.
EXPÉRIENCES SUR LES POUDRES PRISMATIQUES, DITES CHOCOLAT : *15.
EXPLOSIONS : usine à meules n° 4 de Sevran-Livry (26 août 1884), *18; — usine à meules n° 11 de Vonges (20 janvier 1883), *26; — grenoir à retour n° 26 de Saint-Chamas (19 avril 1883), *27; — séchoir de mine n° 74 de Saint-Chamas (21 avril 1883), *46; — usine à meules n° 17 de Saint-Chamas (11 juin 1883), *49; — dépôts n°s 62 et 49 d'Angoulême (3 août 1883), *51; — usine à meules

n° 15 du Ripault (3 novembre 1883), *55; — atelier de préparation de la nitroglycérine n° 39 à Vonges (3 juillet 1884), *56; — usine à grenoir n° 19 de Toulouse (5 août 1884), *56; — usine à meules n° 19 d'Esquerdes (20 avril 1885), *61; — salle d'épreuves de Saint-Chamas (9 juin 1885), *66; — usine ternaire n° 2 de Saint-Médard (6 mai 1885), *74; — usine à meules n° 28 d'Angoulême (17 août 1885), *79; — usine à meules n° 3 de Saint-Médard (21 juillet 1886), *82; — usine à meules n° 28 d'Angoulême (14 septembre 1886), *84; — de dynamite à Paulilles (7 décembre 1886), *86; — de nitroglycérine à Paulilles (25 janvier 1887), *87; — v. Accidents, Incendies, Inflammation.

Exportation : cartouches de guerre, *84.

Exportation (Poudres d') : v. Poudres d'exportation.

Exposition universelle de 1889 : exposition du service des poudres, 21; — études et recherches, 37.

FABRICATION DES POUDRES A CANON AUX TRITURATIONS RÉGLEMENTAIRES : *20.

Fabriques privées de dynamite : v. Dynamiteries privées.

FIXATION DES PRIX DE VENTE DES POUDRES DE COMMERCE EXTÉRIEUR POUR L'ANNÉE 1886 : *63.

FORMATION DES LOTS DE POUDRES DESTINÉES AUX GROS CALIBRE DE L'ARTILLERIE DE TERRE : *9.

Fumée : v. Poudres sans fumée.

Fusil (Poudres à) : v. Poudres à fusil.

Fusils de chasse : tir, 237.

Grenoirs : explosions, *27, *57.

Humidité : taux maximum pour la poudre F_3, *65.

INCENDIES : usine binaire n° 4 du Ripault (9 octobre 1882), *25; — v. Explosions, Inflammation.

Incombustibles (Vêtements) : *14.

INFLAMMATION : de charbon dans le bâtiment *b* de Saint-Chamas (20 juillet 1883), *50; — de binaire-soufre à Saint-Médard (16 octobre 1883), *53; — v. Explosions, Incendies.

INSTRUCTION POUR LES CONSOMMATEURS (POUDRES DE CHASSE) : *99.

INSTRUCTION SUR LES ÉPREUVES DE RECETTE DE LA POUDRE C_2 : *6.

Journée : Mémoire sur le tir des fusils de chasse, 237.

Laboratoire central de la marine : fonctionnement, *21; — administration, *22.

LE BOIS BLANC CESSERA D'ÊTRE EMPLOYÉ A LA FABRICATION DES POUDRES DE GUERRE : *19.

Le Ripault : v. Ripault.

LIVRAISON DE PULVÉRIN AUX ARTIFICIERS : *29.

LOI DU 6 AOUT 1883, PORTANT FIXATION DU PRIX DE VENTE DE LA POUDRE AU BOIS PYROXYLÉ : *7.

Lots de poudre (Formation des) : gros calibres, *9.

MÉMOIRE SUR LE TIR DES FUSILS DE CHASSE [Journée] : 237.

Meules (*Usines à*) : explosions, *18, *26, *49, *55, *61, *79, *82, *84 ; — accidents, *47, *62, *89.
Mine (*Poudres de*) : v. Poudres de mine.
MISE EN VENTE DE LA POUDRE PYROXYLÉE DE FABRICATION FRANÇAISE : *3.
MISE EN VENTE DE NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE : *33, *64, *90.
MODIFICATION AUX CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE SP_1 : *14.
MODIFICATIONS AUX CONDITIONS DE RÉCEPTION DE LA POUDRE F_3 : *12.
MOYENS DE PRÉVENIR CERTAINS ACCIDENTS DANS LES USINES A MEULES : *88.

Nitroglycérine : explosions, *56, *86, *87.
NOTE DU 16 JUIN 1886, CONCERNANT L'APPLICATION DU TARIF D'EXPORTATION AUX POUDRES DE GUERRE EMPLOYÉES POUR L'ÉPREUVE DES ARMES : *73.
NOTE, PUBLIÉE PAR ORDRE DU MINISTRE DE LA GUERRE, SUR LES NOUVELLES POUDRES DE GUERRE (POUDRES SANS FUMÉE) : 9.
NOTE SUR LA FABRICATION ET LES PROPRIÉTÉS DES POUDRES DE CHASSE SANS FUMÉE, DITES PYROXYLÉES : 13.
NOTICE SUR LES NOUVEAUX TYPES DE POUDRES DE CHASSE : *92.
NOTICE SUR L'EXPOSITION SPÉCIALE DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889 : 21.
Nouveaux types de poudres de chasse : *33, *64, *90.

Ondulatoires (*Pressions*) : v. Pressions ondulatoires.

Paulilles : explosions, *86, *87.
Pilons (*Usines à*) : suppression, *18.
Poudres à canon : épreuves de recette de la poudre C_4, *6 ; — de la poudre SP_1, *14 ; — prismatiques, *15 ; — triturations réglementaires, *20.
Poudres à fusil : conditions de réception de la poudre F_3, *4, *12 ; — taux maximum d'humidité, *65.
Poudres de chasse : mémoire du capitaine Journée, 237 ; — nouveaux types, *33, *64, *90 ; — prix en Tunisie, *36.
Poudres de chasse sans fumée, dites pyroxylées : fabrication et propriétés, 13 ; — mise en vente, *3, *7.
Poudres de commerce extérieur : prix de vente (1883), *5 ; — dosage de la poudre ordinaire, *34 ; — prix de vente (1886), *58, *63 ; — v. Prix de vente.
Poudres de guerre : employées pour l'épreuve des armes, *73.
Poudres de mine : pulvérin, *28, *29 ; — prix en Tunisie, *36.
Poudres d'exportation : décret du 21 mai 1886, *67 ; — v. Prix de vente.
Poudres prismatiques : expériences, *15.
Poudres sans fumée : de guerre, 9 ; — de chasse, 13.
Pressions ondulatoires : produites en vase clos par les explosifs, 177.
Prismatiques (*Poudres*) : v. Poudres prismatiques.
Prix de vente : poudres de chasse pyroxylées, *3, *7 ; — poudres de commerce extérieur (1883), *5 ; — pulvérin, *28, *29, *76 ; — nouveaux types de poudres de chasse, *33 ; — poudres de chasse et de mine en Tunisie, *36 ; — poudres de commerce extérieur (1886), *58, *63 ; — poudres d'exportation (1886), *71 ; — poudres de guerre employées pour l'épreuve des armes, *73 ; — poudres d'exportation (1887), *82.
Pulvérin : prix de vente, *28, *76 ; — fabrication, *29.
Pyroxylées (*Poudres de chasse*) : v. Poudres de chasse sans fumée.

RAPPORT AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, AYANT POUR BUT DE METTRE L'ORGANISATION ADMINISTRATIVE DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES EN HARMONIE AVEC LES PRINCIPES POSÉS DANS LA LOI DU 16 MARS 1882 : *37.
RECRUTEMENT ET PRÉPARATION D'AGENTS DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES POUR LA SURVEILLANCE DES FABRIQUES PRIVÉES DE DYNAMITE : *9.
Ripault (*Le*) : incendie, *25 ; — explosion, *55 ; — accident, *62.

Saint-Chamas : explosions, *27, *46, *49, *66; — inflammation, *50;.— arbre foudroyé, *78.
Saint-Médard : accidents, *47, *89; — incendie, *53; — explosions, *74, *82.
Salle d'épreuves : explosion, *66.
Séchoirs : explosion, *46.
Service des poudres et salpêtres : organisation administrative (15 décembre 1885), *38.
Sevran-Livry : explosion, *18.
Soufre (*Binaire*) : inflammation, *53.
SUPPRESSION DES USINES A PILONS : *18.
Surveillance des dynamiteries privées : *9.

TAUX MAXIMUM D'HUMIDITÉ DE LA POUDRE F_1 : *65.
Ternaire (*Usine*) : accident, *60; — explosion, *74.
Tonne ternaire : v. Ternaire.
Toulouse : explosion, *57.
Transmissions d'usines : accident, *62.
Triturations réglementaires : poudres à canon, *20.
Tunisie : prix des poudres de chasse et de mine, *36.

Usines à meules : v. Meules.
Usines à pilons : suppression, *18.
Usines binaires : v. Binaire.

Vente : v. Mise en vente, Prix de vente.
Vêtements incombustibles : *14.
Vieille : Étude des pressions ondulatoires produites en vase clos par les explosifs, 177.
Vonges : explosions, *26, *56.

16412. Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS ET FILS, quai des Grands-Augustins, 55.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55, A PARIS.

BERTHELOT (**M.**), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France et à l'École de Pharmacie. — **Leçons sur les méthodes générales de synthèse en Chimie organique**, *Cours du Collège de France*. 1 vol. (1887)

Cet Ouvrage contient le résultat des expériences faites par l'Auteur depuis que M. les professeurs Parade ont donné gratuitement, durant deux années consécutives, les matériaux nécessaires à ses recherches. Il est divisé en trois Parties : la première est consacrée à l'étude de l'acide carbonique ; celle de la deuxième aux usages de l'acide chlorhydrique ; la troisième, spécialement à l'examen spécial des gaz inflammables. L'Ouvrage est complété par des Tables et des Index très étendus.

BUNDELL (**J. P.**), Lieutenant-Colonel de l'Artillerie royale anglaise, Inspecteur des Explosifs. — **Dictionnaire des Explosifs**, Édition française, augmentée et mise à jour avec le concours de l'Auteur, par K. Dieterich, Ingénieur des Poudres et Salpêtres. Grand in-8. (1895)

BELLE, Professeur à l'École d'Artillerie de la Marine. — **Traité de Balistique rationnelle**. Théorie mathématique du mouvement des projectiles, avec la collaboration de **HUGONIOT**, Capitaine d'Artillerie de la Marine. 1 vol. grand in-8, avec nombreuses figures et 2 planches. (1892)

BOURLET (**C.**), Professeur à l'École d'Artillerie de la Marine. — **Traité de Balistique extérieure**. 1 vol. grand in-8, avec nombreuses figures et 2 planches. (1895)

JUPTNER DE JONSTORFF (**Baron Hanns**). — **Traité pratique de Chimie métallurgique**. Traduit de l'allemand par R. Vivien. 1 vol. grand in-8, avec nombreuses figures et 2 planches. (1895)

MONOD (**Édouard Gabriel**). — **Stéréochimie**. *Leçons des 16 et 23 Mai et Août d'Hoff*, complétées par les travaux de MM. Wislicenus, Bayer, Otto et Ewerdt, avec une Préface de M. Friedel. 1 vol. grand in-8, avec nombreuses figures. (1893)

COLLARD (**J.**) et **DUDEBOUT** (**A.**), Professeurs de la Marine, Professeurs à l'École du Génie maritime. — **Architecture navale**. — **Théorie du navire**. Ouvrage faisant Volume à part du grand in-8 *Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences*.

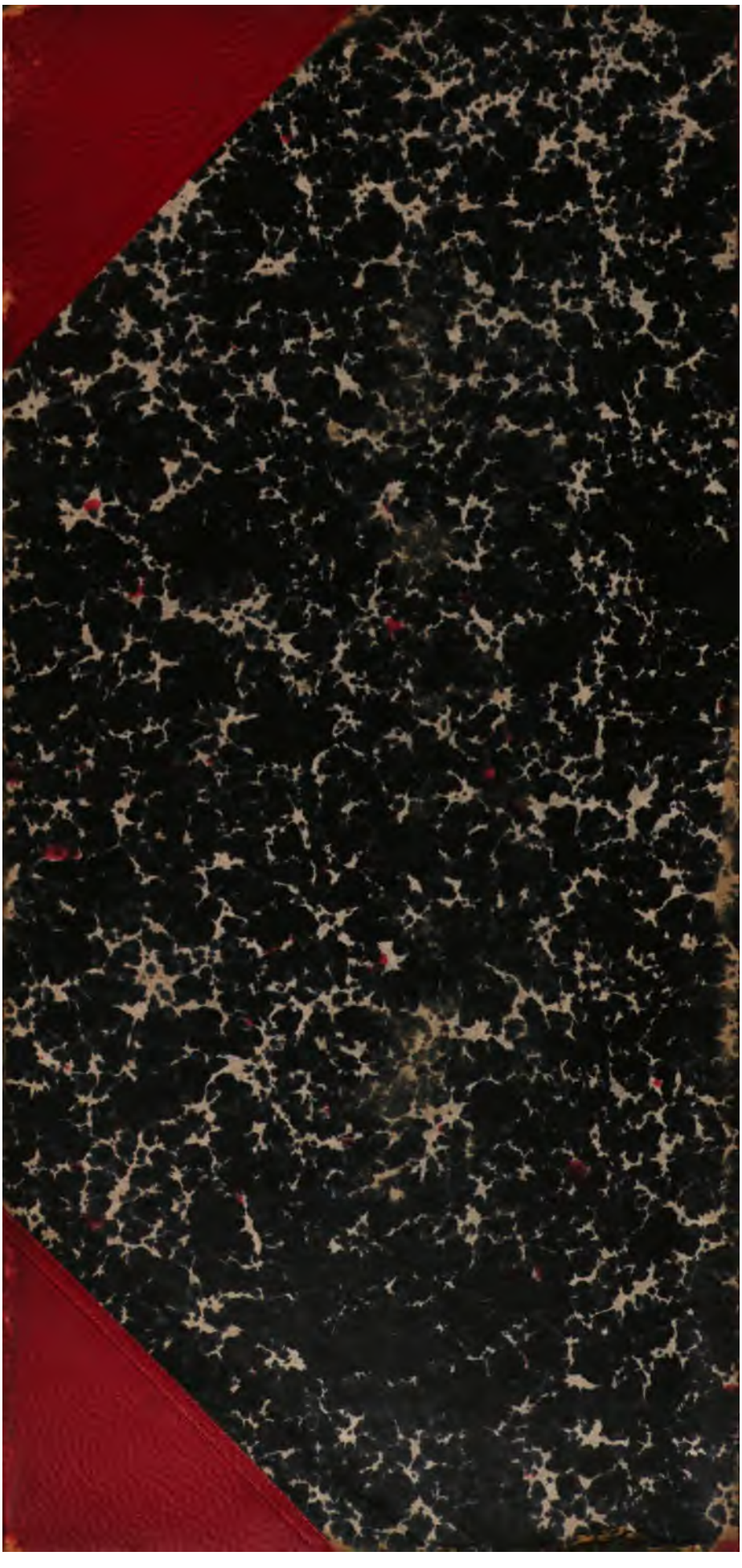
Tome I : *Traité des éléments géométriques des carènes et plans — Stabilité du navire*, avec 150 figures et 2 planches. 1888. 15 fr.

Tome II : *Statique du navire. — Dynamique du navire roulant en eau calme, ramenée au cas précédent*, avec 100 figures. 1892. 15 fr.

Tome III : *Dynamique du navire : mouvement du navire sur houle, — mouvement oscillatoire horizontal direct et mouvements giratoires avec gîte*. (*Sous presse.*)

Tome IV : *Résistance, Propulsion du navire, manœuvres, navigation, théorie du gouvernail, gouvernail compensé, — Propulseurs. — Théorie des engins des marines de guerre*. (*Sous presse.*)

WEYL (**Adolphe**), Ingénieur en Électricité, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille. — **Les Machines thermiques**.

Broché . . . . . 3 fr. 50 c. | Cartonné . . . . . 4 fr.

7462. — GAUTHIER-VILLARS ET FILS, Quai des Grands-Augustins, 55.